
DIPLOMARBEIT

Herr
Wolfgang Portugaller

**Investitionsentscheidung des
privaten Haushalts am Bei-
spiel des Kaufs eines PKW
unter Berücksichtigung ver-
schiedener Antriebskonzepte**

Mittweida, 2012

DIPLOMARBEIT

Investitionsentscheidung des privaten Haushalts am Bei- spiel des Kaufs eines PKW unter Berücksichtigung ver- schiedener Antriebskonzepte

Autor:

Herr

Wolfgang Portugaller

Studiengang:

Wirtschaftsingenieurwesen

Seminargruppe:

KW08wSA

Erstprüfer:

Prof. Dr. Johannes N. Stelling

Zweitprüfer:

Prof. Dr. Andreas Hollidt

Einreichung:

Seekirchen am Wallersee, 30.11.2012

Verteidigung/Bewertung:

Salzburg, 2013

Bibliografische Beschreibung:

Portugaller, Wolfgang:

Investitionsentscheidung des privaten Haushalts am Beispiel des Kaufs eines PKW unter Berücksichtigung verschiedener Antriebskonzepte. - 2012. - 12, 80, - S.

Mittweida, Hochschule Mittweida, Fakultät Wirtschaftswissenschaften, Diplomarbeit, 2012

Referat:

Auch der private Haushalt trifft Investitionsentscheidungen. Häufig trifft er diese ohne Anwendung objektivierender Verfahren. Diese Arbeit zeigt, dass die Anwendung objektivierender Verfahren zur Entscheidungsfindung auch im privaten Haushalt praktikabel ist. Beispielhaft werden dabei als Handlungsalternativen PKWs untersucht, die mit unterschiedlichen Antriebskonzepten ausgestattet sind. Konkret werden Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren (sowohl Diesel- als auch Benzin-Motor) verglichen mit Zero-Emission-Vehicles (reine Elektrofahrzeuge) und einem Plug-In Hybrid Fahrzeug. Die Investitionsentscheidung wird abgestützt auf einer reinen Kostenbetrachtung, auf einer Nutzwertanalyse unter Einbeziehung monetärer Kriterien und Anwendung mehrerer Wertsynthesemethoden zur Ermittlung des Nutzwertes und mündet schlussendlich in einer Kosten-Wirksamkeits-Analyse in der die Kostenbetrachtung der Nutzwertbetrachtung (ohne Einbeziehung monetärer Kriterien) gegenübergestellt wird.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Abbildungsverzeichnis	II
Tabellenverzeichnis	III
Formelverzeichnis.....	V
Abkürzungsverzeichnis	VI
1 Einleitung.....	1
1.1 <i>Problemstellung.....</i>	<i>1</i>
1.2 <i>Zielsetzung.....</i>	<i>2</i>
1.3 <i>Methodisches Vorgehen.....</i>	<i>2</i>
2 Investitionsentscheidung des privaten Haushalts.....	5
2.1 <i>Grundlagen</i>	<i>5</i>
2.1.1 Die Investitionsentscheidung	5
2.1.2 Der private Haushalt.....	30
2.1.3 Aktuelle Antriebskonzepte für PKWs	39
2.2 <i>Ziele der Investitionsentscheidung</i>	<i>49</i>
2.2.1 Monetäre Ziele für die Investitionsentscheidung	49
2.2.2 Nicht-Monetäre Ziele für die Investitionsentscheidung.....	53
2.3 <i>Die Investitionsentscheidung am konkreten Beispiel</i>	<i>58</i>
2.3.1 Die Auswahl der Handlungsalternativen	58
2.3.2 Die Investitionsentscheidung	60
2.3.3 Kritische Betrachtung	76
3 Schlussbetrachtung.....	79
3.1 <i>Ergebnisse</i>	<i>79</i>
3.2 <i>Maßnahmen.....</i>	<i>80</i>
3.3 <i>Konsequenzen</i>	<i>80</i>
Literaturverzeichnis	VII
Selbstständigkeitserklärung	XIII

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Investitionsarten nach dem Typ des Investitionsobjektes	7
Abbildung 2: Investitionsarten nach dem Zweck der Investition am Beispiel eines Unternehmens	8
Abbildung 3: Zielbeziehungsfunktionen für Zielbeziehungen	12
Abbildung 4: Phasen des Entscheidungsprozesses	13
Abbildung 5: Der Entscheidungsprozess als iterativer Prozess	14
Abbildung 6: Frontantrieb	42
Abbildung 7: Heckantrieb	43
Abbildung 8: Hinterradantrieb mit Frontmotor	43
Abbildung 9: Allradantrieb mit Frontmotor	44

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Zieldimensionen	9
Tabelle 2: Arten statischer Investitionsrechnungen	17
Tabelle 3: Schema einer Ergebnismatrix (Zielertragsmatrix)	22
Tabelle 4: Beispiel für eine Ergebnismatrix (Zielertragsmatrix)	23
Tabelle 5: Schema der Entscheidungsmatrix	24
Tabelle 6: Beispiel einer Entscheidungssituation bei absoluter Dominanz	26
Tabelle 7: Beispiel einer Entscheidungssituation bei Zustandsdominanz	26
Tabelle 8: Beispiel einer Entscheidungssituation bei Wahrscheinlichkeitsdominanz	27
Tabelle 9: Transformation einer Entscheidungsmatrix mit Wahrscheinlichkeitsdominanz	28
Tabelle 10: Klassifizierung von Betrieben und Haushalten	32
Tabelle 11: Häufigkeit der Verwendung von Fahrzeug-Typ Bezeichnungen	35
Tabelle 12: Energiedichte in Energiespeichern und Wirkungsgrade von Antriebssystemen	46
Tabelle 13: Anschaffungskosten von PKWs	51
Tabelle 14: Übersicht über Steuern und Versicherungen für PKW	52
Tabelle 15: Fahrleistungsabhängige Kostenverursacher	53
Tabelle 16: Liste der verglichenen Fahrzeuge	59
Tabelle 17: Rahmenparameter für die Investitionsvergleichsrechnung	60
Tabelle 18: Aufstellung der Kosten für die verglichenen Fahrzeuge	61
Tabelle 19: Statische Kostenvergleichsrechnung mit 8 Jahren Nutzungsdauer	62
Tabelle 20: Statische Kostenvergleichsrechnung mit 5 Jahren Nutzungsdauer	63

Tabelle 21: Kapitalbarwert bei einer Nutzungsdauer von 8 Jahren	64
Tabelle 22: Kapitalbarwert bei einer Nutzungsdauer von 5 Jahren	64
Tabelle 23: Zielertragsmatrix für den Vergleich der untersuchten PKWs	65
Tabelle 24: Ordinale Zielwertmatrix 1 für die untersuchten PKW Modelle	66
Tabelle 25: Ordinale Zielwertmatrix 2 für die untersuchten PKW Modelle	67
Tabelle 26: Nominale Ergebnismatrix für die untersuchten PKW Modelle	68
Tabelle 27: Gewichtung der Umweltsituationen	68
Tabelle 28: Wertsynthese durch Zielgewichtung auf der Basis ordinaler Ergebnisse	69
Tabelle 29: Wertsynthese durch Zielgewichtung auf der Basis nominaler Ergebnisse	69
Tabelle 30: Basisdaten für die lexikografische Ordnung nach ordinalen Zielwerten	70
Tabelle 31: Wertsynthese nach lexikografischer Ordnung auf Basis ordinaler Zielwerte	71
Tabelle 32: Basisdaten für die lexikografische Ordnung nach nominalen Nutzwerten	71
Tabelle 33: Wertsynthese nach lexikografischer Ordnung auf Basis nominaler Nutzwerte	72
Tabelle 34: Zielwertmatrix (ungewichtet) für die Wertsynthese nach der Pessimistenregel	72
Tabelle 36: Wertsynthese auf der Basis ordinaler Zielwerte durch Goal-Programming	73
Tabelle 37: Zielwertmatrix für nicht-monetäre Zielwerte	74
Tabelle 38: Zielwertmatrix für gewichtete nicht-monetäre Zielwerte	74
Tabelle 39: Basisdaten für die Kosten-Wirksamkeits Analyse	75
Tabelle 40: Kosten-Wirksamkeits Analyse für die untersuchten PKWs	75
Tabelle 41: Konsolidiertes Ergebnis der Kosten-Wirksamkeits Analyse	76

Formelverzeichnis

Formel 1: Zielbeziehungsfunktion	11
Formel 2: Kostenfunktion	19
Formel 3: Abschreibung für Abnutzung	19
Formel 4: Kalkulatorische Zinsen	20
Formel 5: Kapitalbarwert	21
Formel 6: Kapitalbarwert bei gleichbleibenden Einnahmen und Ausgaben	21
Formel 7: Nutzenfunktion	24
Formel 8: Absolute Dominanz	26
Formel 9: Zustandsdominanz	26
Formel 10: Wahrscheinlichkeitsdominanz	27
Formel 11: Nutzwertberechnung bei Zielgewichtung	29
Formel 12: Nutzwertberechnung bei Goal-Programming	29
Formel 13: Nutzwertberechnung für die Pessimistenregel	30
Formel 14: Anschaffungskostenberechnung	50
Formel 15: Kostenfunktion	62
Formel 16: Abschreibung für Abnutzung	62
Formel 17: Kalkulatorische Zinsen	62
Formel 18: Kapitalbarwert bei gleichbleibenden Einnahmen und Ausgaben	63

Abkürzungsverzeichnis

ω_j	<i>Eintretenswahrscheinlichkeit</i>
a_0	<i>Anschaffungswert</i>
ABS	A ntilock B raking S ystem
AfA.....	<i>Abschreibung für Abnutzung pro Periode</i>
a_k	<i>Ausgaben in der Periode k</i>
ASR	A nti S lip R egulation
bzw.	<i>beziehungsweise</i>
C_0	<i>Kapitalbarwert</i>
e_k	<i>Einnahmen in der Periode k</i>
ESP	E lectronic S tability P rogram
EV-Netz	<i>Elektroversorgungsnetz</i>
f.	<i>folgende Seite</i>
ff.	<i>fortfolgende, folgende Seiten</i>
i.....	<i>Zinssatz</i>
i.d.R.	<i>in der Regel</i>
i.H.v.	<i>in Höhe von</i>
i_{kalk}	<i>kalkulatorische Zinsen pro pro Periode</i>
K.....	<i>Kosten</i>
K_f	<i>fixe Kosten</i>
KFG	<i>Kraftfahrgesetz</i>
K_v	<i>variable Kosten</i>
L	<i>Liquidationserlös am Ende der Nutzungsdauer</i>
LKW.....	<i>Lastkraftwagen</i>
n	<i>Nutzungsdauer in Perioden</i>
PKW	<i>Personenkraftwagen</i>

polit.	<i>politisch</i>
q.....	<i>Zinsfaktor</i>
RW.....	<i>Restwert</i>
ü.....	<i>Überschuss in jeder Periode</i>
vgl.	<i>vergleiche</i>
z.B.....	<i>zum Beispiel</i>
ZEV	<i>Zero Emission Vehicle</i>

1 Einleitung

1.1 Problemstellung

Entsteht im privaten Haushalt die Notwendigkeit zur Beschaffung eines PKWs, wird diese Entscheidung häufig auf keiner fundierten Grundlage getroffen. Beispiele im Bekanntenkreis des Autors scheinen zu bestätigen, dass die Kriterien für eine solche Entscheidung primär emotionalen Ursprungs sind. Das Fahrzeug muss gefallen; häufig es muss seiner Rolle als Statussymbol (meist für den Fahrer) gerecht werden. Für den privaten Haushalt lässt die Beschaffung eines PKWs eine Investition in einer außergewöhnlichen Höhe erwarten. Diese Investition wird i.d.R. nicht aus Mitteln des laufenden Haushaltsbudgets bestritten, sondern wirkt sich auf das Budget mehrerer Jahre aus. Es handelt sich hiermit also um eine Investitionsentscheidung, die, anders als die Beschaffung von Gütern des täglichen Bedarfs, ein systematisches Herangehen nahelegt.

Die in der jüngeren Vergangenheit verstärkt geführte öffentliche Debatte über alternative Antriebskonzepte für den Individualverkehr ist Anlass, sich im Rahmen dieser Arbeit besonders auch mit heute erhältlichen unterschiedlichen Antriebskonzepten auseinander zu setzen. Fahrzeugen mit alternativen Antriebskonzepten kommt in der öffentlichen Wahrnehmung und Diskussion eine immer höhere Bedeutung zu. Seit Dezember 2009 ist das Bundesland Salzburg Modellregion für Elektromobilität des Klima- und Energiefonds.

Mehrere Hersteller bieten bereits heute, oder in nächster Zukunft Serienmodelle mit anderen Energiequellen als Verbrennungsmotoren an. Diese Modelle sind echte Serienprodukte, also keine nachträglich auf Elektroantrieb umgebauten Modelle, die ursprünglich mit einem Verbrennungsmotor ausgestattet das Montageband verlassen haben. Sind diese Serienmodelle mit alternativen Antrieben echte Alternativen in der Entscheidung für einen PKW?

Auch im Zusammenhang mit alternativen Antriebskonzepten findet der Autor Unkenntnis vor. Die Einstellungen pro oder contra Elektromobilität werden oft nicht mit konkreten Fakten, sondern mit Vorurteilen basierend auf Halbwissen argumentiert. Teilweise wird mit religiösem Fanatismus pro oder contra Elektromobilität gewettert.

Diskutierte der Autor dieses Vorhaben mit Mitmenschen aus seinem Freundes- oder Bekanntenkreis stieß er damit oft auf Unverständnis. Unverständnis über die Zielsetzung, eine Beschaffung dieser Art nach objektivierte Kriterien zu fällen. Diese Ausgangslage ist Veranlassung, die spezifischen Anforderungen an das zu beschaffende Investitionsobjekt zu analysieren und einen darauf folgenden systematischen Vergleich der heute auf dem Markt erhältlichen Kraftfahrzeuge.

1.2 Zielsetzung

Diese Arbeit sucht eine Antwort auf die Frage, ob Fahrzeuge mit alternativen Antriebskonzepten bereits für den Alltagsgebrauch tauglich sind. Diese Frage soll vor dem Hintergrund einer konkreten Anwendungs-Situation und unter Berücksichtigung betriebswirtschaftlicher Grundlagen beantwortet werden.

Auf den Punkt gebracht lautet die zugrunde liegende Fragestellung: Welches Fahrzeug soll beschafft werden, um die gestellten Anforderungen bestmöglich zu erfüllen? *Bestmöglich* beinhaltet sowohl die Abdeckung der funktionalen und nicht-funktionalen Anforderungen als auch die Berücksichtigung monetärer Kriterien. Es ist eine Investitionsentscheidung zu treffen für ein Fahrzeug, das ein optimales Verhältnis zwischen eingesetzten monetären Mitteln und erzielten Nutzen aufweist.

Diese Arbeit konzentriert sich auf die Frage der Investitionsentscheidung. In der einschlägigen Literatur wird in diesem Zusammenhang immer auch die Frage der Finanzierung behandelt. Die Finanzierung der Investition ist ein explizites Nicht-Ziel dieser Arbeit.

1.3 Methodisches Vorgehen

Um die oben beschriebene Aufgabenstellung zu lösen wird im ersten Schritt die *Investitionsentscheidung* näher beleuchtet. Der Begriff der *Investition* ist dabei essenziell und wird ebenfalls erörtert. Die Investitionsrechnung als Möglichkeit, eine Investitionsentscheidung auf der Basis monetärer Kriterien zu treffen wird untersucht sowie die Möglichkeiten zur Berücksichtigung nicht-monetärer Kriterien in Form der Nutzwertanalyse. Weiter wird auf die Kosten-Wirksamkeits Analyse als weitere Formen einer Investitionsentscheidung eingegangen.

Die Entscheidung für die Investition wird von einem *privaten Haushalt* getroffen. Die Befassung mit dem Wesen des privaten Haushalts folgt im nächsten Abschnitt dieser Arbeit. Der private Haushalt wird als Wirtschaftssubjekt im Vergleich mit dem Betrieb dargestellt.

Danach befasst sich diese Arbeit mit dem eigentlichen Investitionsobjekt. Der PKW in seinen unterschiedlichen Erscheinungsformen und die heute verfügbaren Antriebskonzepte sind Gegenstand der Betrachtung in diesem Abschnitt. Was charakterisiert diese Antriebskonzepte?

Nach der Aufbereitung der Basis richtet sich die Betrachtung auf die Ziele einer Investitionsentscheidung. Welche Ziele werden mit der Entscheidung über die Investition in einen PKW verfolgt? In diesem Abschnitt werden die monetären und die nicht-monetären Ziele für die konkrete Entscheidungssituation beleuchtet.

Die konkrete Investitionsentscheidung wird eingeleitet durch die Darstellung der Ausgangssituation als Grundlage für die Entscheidung gefolgt von der Darlegung der Ent-

scheidungskriterien. Nach der Vorstellung der gewählten Handlungsalternativen folgt die Anwendung der im Grundlagen-Abschnitt dargelegten Entscheidungsfindungsmethoden.

Zuerst werden die Handlungsalternativen einer rein monetären Betrachtung unterzogen. In der statischen Kostenvergleichsrechnung und der Kapitalbarwertberechnung wird ein Bild dieses monetären Aspektes gezeichnet. Es folgt mit der Ermittlung des Nutzwertes für die gewählten Alternativen mit mehreren Methoden der Wertsynthese. Den Abschluss der konkreten Investitionsentscheidung bildet die Kosten-Wirksamkeits Analyse auf der Basis der davor ermittelten Kostenbetrachtung und der Nutzwerte.

Für die Berechnung der statischen Kostenvergleiche, der Kapitalbarwerte, der Nutzwerte nach den gewählten Wertsynthesemethoden sowie die Kosten-Wirksamkeits-Analyse wird ein Excel-Dokument entwickelt, das den Vergleich mehrerer Handlungsalternativen erlaubt. Auf der Basis dieses Dokumentes ist das Hinzufügen weiterer Handlungsalternativen auf ein Minimum reduziert. Nach Abschluss dieser Arbeit kann die Investitionsentscheidungsrechnung beliebig auf weitere Handlungsalternativen ausgedehnt werden.

In der Schlussbetrachtung wird Resümee über die gewonnenen Erkenntnisse gezogen und daraus Maßnahmen und Konsequenzen abgeleitet.

2 Investitionsentscheidung des privaten Haushalts

Investitionsentscheidung des privaten Haushalts am Beispiel des Kaufs eines PKW unter Berücksichtigung verschiedener Antriebskonzepte.

2.1 Grundlagen

2.1.1 Die Investitionsentscheidung

2.1.1.1 Der Investitionsbegriff

In seiner ursprünglichen Bedeutung stammt der Begriff *investieren* ab vom lateinischen Verb *investio* bzw. *investire* und bedeutet im wörtlichen Sinn „einkleiden“¹. Bis in die erste Hälfte des letzten Jahrhunderts scheint der Begriff *Investition* noch nicht Teil des allgemeinen Sprachgebrauchs zu sein. So kennt der Brockhaus 1939 nur den Begriff *investieren* nicht aber den Begriff der *Investition*. Er erklärt *investieren* lediglich mit „[lat., einkleiden], (Geld) anlegen“².

Der heute gebräuchliche Investitionsbegriff ist in der allgemeinen Literatur oft unterschiedlich eng definiert. Kennt der Duden für die Investition als „Aufwendung, Geldausgabe“³ bzw. als „langfristige Anlage von Kapital in Sachgütern“⁴ zwei recht einfache Definitionen, konkretisiert der Brockhaus diesen Investitionsbegriff und unterscheidet bereits zwischen betriebswirtschaftlichen, volkswirtschaftlichen und wirtschaftspolitischen Aspekten⁵.

In der Volkswirtschaftslehre wird die Investition als „... der Einsatz von Produktionsfaktoren zur Erhaltung, Erweiterung oder Verbesserung eines Produktionsmittelbestandes außerhalb des Bereiches der privaten Haushalte mit dem Ziel einer besseren zukünftigen

¹ (4), S 247

² (16), S 314

³ (15), S 778

⁴ (15), S 778

⁵ vgl. (26), S 596 ff.

Güterversorgung ...“⁶ verstanden. Die Investition wird deutlich vom Konsum abgegrenzt. Die Investition wird dem Betrieb zugeordnet, während der Konsum dem Haushalt zugeordnet wird.⁷ Diese Bedeutung der Investition lässt sie als nicht für den privaten Haushalt gültig erscheinen.

Die Betriebswirtschaftslehre kennt die *Investition* zum einen als „... eine Handlung, die die Liquidität dadurch verändert, daß die Realisierung eines I.-Projekts zunächst zu Auszahlungen führt, der in weiteren Perioden Einzahlungen (z.B. ...), eventuell auch noch weitere Auszahlungen (z.B. ...) folgen ...“.⁸ Zum anderen sei „... I. die langfristige Festlegung vorhandener oder zu beschaffender Finanzmittel in betriebl. Vermögenswerten ...“.⁹

Nach Baßeler können als Investitionsausgaben „... im weitesten Sinne sämtliche Ausgaben verstanden werden, die ein bestehendes Einkommen sichern bzw. zukünftige Einkommensmöglichkeiten erhöhen.“¹⁰, um gleich anschließend zu ergänzen, dass dieser Investitionsbegriff „... selten in der Volkswirtschaftslehre verwendet ...“ werde. Investitionen im engeren Sinne beschränke „... man in der Regel auf Ausgaben, die Unternehmen zwecks Erhaltung, Erweiterung oder Verbesserung ihres sachlichen Produktionsapparates tätigen.“¹¹. Im weitesten Sinne nach Baßeler ist die Beschaffung eines PKWs für die täglichen Fahrten zur Arbeitsstelle als Investitionsausgabe zu sehen, wird damit doch bestehendes Einkommen gesichert.

Wöhe spricht von einer Investition ganz allgemein als der „... Verwendung finanzieller Mittel“¹², wird aber konkreter in seiner Definition von Investition: „Von einer Investition spricht man, wenn die heutige Hingabe von Geld (= Auszahlung) in der Absicht erfolgt, mit dem Mitteleinsatz einen höheren Geldrückfluss (= Einzahlung) in der Zukunft zu erreichen.“¹³

Kruschwitz differenziert den Begriff der Investition in das *Investitionsobjekt* und die *Investitionshandlung*. Demnach kann eine Investition „... sowohl eine Handlung (die Tätigkeit des Investierens) als auch ein Objekt (das Ergebnis der Investition) ...“ sein.¹⁴ Er bringt

⁶ (26), S 596

⁷ Vgl. (26), S 596

⁸ (26), S 596 f.

⁹ (26), S 597

¹⁰ (13), S 161

¹¹ (13), S 161

¹² (2), S 516

¹³ (2), S 516

¹⁴ Vgl. (8), S 2 letzter Absatz

die uneinheitliche Auslegung des Investitionsbegriffes schließlich auch auf den Punkt, wenn er feststellt, dass kein Investitionsbegriff richtig oder falsch ist, sondern lediglich zweckmäßig oder nicht zweckmäßig.¹⁵

Für die folgenden Ausführungen dieser Arbeit wird jener Investitionsbegriff verwendet, wie ihn Baßeler in dem weiter gefassten Sinne definiert, wonach eine Investition geeignet ist, bestehendes Einkommen zu sichern bzw. zukünftige Einkommensmöglichkeiten zu erhöhen.¹⁶ Diese Bedeutung schränkt die Gültigkeit des Investitionsbegriffs nicht auf die betriebliche Investition ein.

2.1.1.2 Arten von Investitionen

Zur Strukturierung von Investitionsmöglichkeiten werden in der betriebswirtschaftlichen Literatur *Investitionsobjekte* (also die Ergebnisse des Investierens) nach unterschiedlichen Kriterien differenziert. Die nachfolgende Auflistung zeigt häufig verwendete Kategorisierungskriterien. Demnach können Investitionsmöglichkeiten strukturiert werden

- nach dem Typ des Investitionsobjektes
- nach dem Investitionszeitpunkt im Lebenszyklus der Unternehmens
- nach dem dominierenden Motiv für die Investitionshandlung
- nach der Nutzungsdauer des Investitionsobjektes

Um *Investitionsobjekte* nach deren Typ zu strukturieren stellt sich der Investor die Frage: **In was wird investiert?** Wie in Abbildung 1¹⁷ gezeigt, unterscheidet man auf der ersten Gliederungsebene die Antworten auf diese Frage nach *Realinvestitionen*, *Finanzinvestitionen* und *Immateriellen Investitionen*. Diese Kategorien von Investitionsobjekten finden auch in der Bilanz auf der Vermögensseite einen entsprechenden Platz.



Abbildung 1: Investitionsarten nach dem Typ des Investitionsobjektes

¹⁵ Vgl. (8), S 2 vorletzter Absatz

¹⁶ Vgl. (13), S 161

¹⁷ Vgl. (2), S 518

Nach dem **Zeitpunkt der Investition** werden Investitionsobjekte unterschieden, wenn der Investor die Frage stellt: **Wann wird investiert?** Hier werden grundsätzlich zwei Phasen im aus der Sicht des Investors unterschieden: Die Gründungs- oder Erstinvestition sowie die Folgeinvestition.¹⁸ Diese Unterscheidung ist relevant, weil mit Gründungsinvestitionen oft Fakten geschaffen werden, an die der Investor über einen längeren Zeitraum gebunden ist. Ein Grundstückskauf (als Beispiel für ein Unternehmen), ein Wohnungs- oder Hauskauf (als Beispiel für einen Haushalt) seien hier exemplarisch für Gründungsinvestitionen erwähnt. Als Folgeinvestitionen werden Investitionen bezeichnet, die der Gründung (Unternehmensgründung oder Hausstands Gründung) und somit den Gründungsinvestitionen folgen. Dabei bilden die durch vorangegangene Investitionen (z.B. die Gründungsinvestitionen aber auch durch vorangegangene Folgeinvestitionen) geschaffenen Fakten die Ausgangssituation und damit die Rahmenbedingungen, die bei einer weiteren Folgeinvestition berücksichtigt werden müssen.¹⁹

Nach dem **dominierenden Motiv** der Investition werden Investitionsobjekte strukturiert wenn der Investor die Frage: **Was ist der Zweck der Investition?** fragt. Hier unterscheidet die Literatur im Wesentlichen zwischen der Ersatzinvestition und der Erweiterungsinvestition, wie in Abbildung 2 dargestellt.

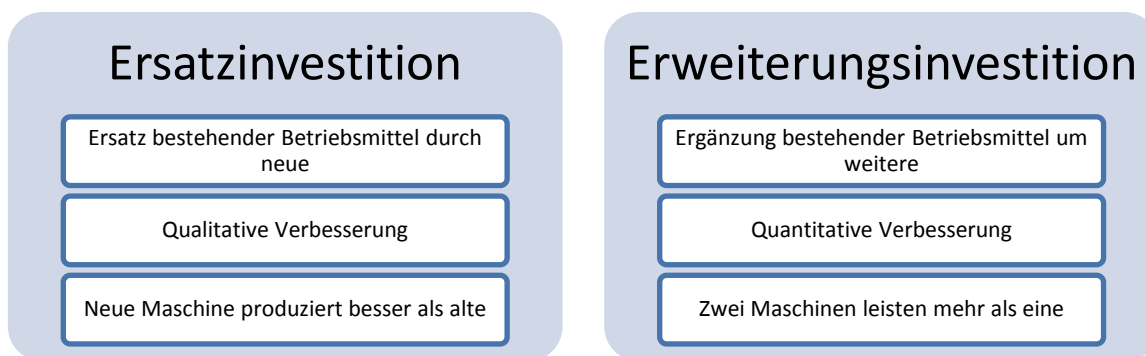


Abbildung 2: Investitionsarten nach dem Zweck der Investition am Beispiel eines Unternehmens

Neben diesen beiden genannten Kategorien kennt die Literatur auch Variationen und Kombinationen davon. Hier sind zu nennen: die Rationalisierungsinvestition, die Neuinvestition, die Sozial- oder Sicherheitsinvestition, die Umstellungsinvestition.

Nach der **Nutzungsdauer** unterscheidet man zwischen kurz-, mittel- und langfristigen Investitionen. Die Nutzungsdauer der Investition wird bedeutsam, wenn die Frage der Finanzierung des Investitionsobjektes ansteht. Es gilt der Grundsatz der fristenkongruenten Finanzierung der in der goldenen Finanzierungsregel seinen Ausdruck findet. „Die **goldene Finanzierungsregel** verlangt die Fristenkongruenz von Kapitalverwendung und

¹⁸ Vgl. (7), S. 89

¹⁹ Vgl. (7), S. 89 f.

Kapitalüberlassungszeitraum, was besagt, dass langfristiges Vermögen nur langfristig und kurzfristiges Vermögen nur kurzfristig finanziert werden soll.“²⁰ Der Grundsatz der fristenkongruenten Finanzierung gilt sowohl für Unternehmen als auch für Haushalte. Der Kauf eines Hauses wird langfristig finanziert werden müssen, während kurzlebige Konsumgüter kurzfristig finanziert werden sollen.

Wird im Zusammenhang mit dem privaten Haushalt von Investitionsobjekten oder Investitionsgütern gesprochen, werden dabei auch die Begriffe Gebrauchsobjekten und Gebrauchsgütern synonym verwendet.²¹

2.1.1.3 Ziele als Grundlage für Entscheidungen

Eine Investitionsalternative ist dann optimal, wenn sie den Zielen des Investors am Nächsten kommt. „Unter einem Ziel ist ein angestrebter Zustand zu verstehen, der sich auf das Verhalten des Systems selbst oder auf Zustände irgendwelcher Outputgrößen bezieht.“²² Brockhaus definiert ein Ziel in seiner philosophischen Bedeutung als „... ein durch freie individuelle Wahl und Entscheidung oder durch gesellschaftlich-polit. Entscheidungen und Entscheidungsprozesse projektierter zukünftiger Zustand, der durch Handeln verwirklicht werden soll und für dessen Planung und Realisierung leitend ist.“²³ In seiner Bedeutung als *Unternehmensziele* definiert Brockhaus Ziele als „... zukünftige Zustände der Realität, die von den Entscheidungsträgern des Unternehmens angestrebt werden.“²⁴

Um Ziele zu strukturieren, können diese, wie in Tabelle 1 gezeigt, entlang mehrerer Dimensionen kategorisiert werden.

Zieldimension	Beschreibung
Zielinhalt	finanzwirtschaftlich, leistungswirtschaftlich, sozial
Zielausmaß	Minimierung, Maximierung, Satisfizierung
Zielzeitbezug	kurz-, mittel-, langfristig
Zielraum	regional, national, global

Tabelle 1: Zieldimensionen²⁵

²⁰ (10), S. 373

²¹ Vgl. (18), S. 190, linke Spalte

²² (5), S. 314

²³ (21), S. 540, linke Spalte

²⁴ (22), S. 675, linke Spalte

²⁵ Vgl. (5), S. 315

Zielinhalte können weiter nach *Sachzielen* und nach *Formalzielen* unterschieden werden. Sachziele beschreiben den angestrebten Zustand in inhaltlicher Sicht. Sachziele definieren, WAS erreicht werden soll. Formalziele beschreiben als sachungebundene Rahmenbedingungen Anforderungen an den Prozess zur Erreichung der Sachziele.²⁶ Formalziele definieren im weitesten Sinne, WIE die Sachziele zu erreichen sind; beschreiben also ein angestrebtes Verhalten des betrachteten Systems.²⁷

Zielinhalte beschreiben, was anzustreben ist.²⁸ Finanzwirtschaftliche, leistungswirtschaftliche oder soziale Ziele beschreiben als Zielinhalt angestrebte Zustände in der jeweiligen Zielinhaltskategorie. Angestrebte *Zustände* (hier in leistungswirtschaftlicher, finanzwirtschaftlicher bzw. sozialer Hinsicht) werden als Sachziele bezeichnet.²⁹

Die Ziele eines Investors müssen operational definiert sein³⁰. In entscheidungsträgerorientierter Sichtweise heißt das, sie müssen quantifizierbar sein³¹, um Art und Ausmaß der Zielerreichung bestimmen zu können. „Quantifizierbare Ziele sind entweder quantitative Ziele, denen sich eindeutige Zahlenwerte zuordnen lassen oder auch qualitative, artmäßige Ziele, die mit Bewertungsverfahren in quantitative Ziele transformiert werden können.“³²

Kruschwitz unterscheidet zwischen monetären und nicht-monetären Zielen³³. Monetäre Ziele sind quantitative Ziele, weil sie entweder direkt in Geld gemessen (z.B. Kosten, Ge-

²⁶ Vgl. (5), S. 314, vorletzter Absatz

²⁷ Im unternehmerischen Umfeld treten formale Zielinhalte häufig im Zusammenhang mit der Modellierung und Weiterentwicklung der Prozesslandschaft eines Unternehmens in Erscheinung. Die ISO 9000 (mit ihren verschiedenen Normenreihen) beispielsweise beschreibt Anforderungen an Qualitätsmanagementsysteme (QM-Systeme) von Unternehmen, um Sach- bzw. Dienstleistungen mit konstanter Qualität zu produzieren. Aus diesen Anforderungen leiten Unternehmen ihre konkreten QM-Systeme ab, um die Qualität ihrer konkreten Erzeugnisse (Sach- oder Dienstleistung) sicherzustellen. QM-Systeme beschreiben die Prozesse zur Leistungserstellung mit dem Ziel letztlich die Qualität der Erstellung wie auch des Produkts proaktiv steuern zu können. Zur Beurteilung des Erstellungsprozesses werden Kennzahlen verwendet, die in der operationalen Formulierung von Formalzielen wiedergefunden werden.

²⁸ Vgl. (5), S. 314, letzter Absatz

²⁹ Unternehmen verwenden ihre Sachziele in der Kommunikation mit ihren Stakeholdern (Interessenträgern). Leistungswirtschaftliche Ziele werden in der Kommunikation mit Lieferanten und Kunden verwendet; finanzwirtschaftliche Ziele in der Kommunikation mit den Eigentümern und soziale Ziele in der Kommunikation mit den Mitarbeitern. Nicht selten kommunizieren Unternehmen ihre Sachziele offensiv nach außen. Die Formalziele kommunizieren Unternehmen eher selten offensiv nach außen, betreffen die Formalziele doch häufig, direkt oder indirekt den Leistungserstellungsprozess und somit jenen Bereich, in dem sich Unternehmen im Vergleich zu ihren Mitbewerbern entscheidende Wettbewerbsvorteile verschaffen können.

³⁰ Vgl. (8), S. 9

³¹ Vgl. (5), S. 315

³² (5), S. 313, vorletzter Absatz

³³ Vgl. (8), S. 10

winn, Umsatz) werden können oder aus in Geld gemessenen Werten errechnet werden können (z.B. diverse Renditewerte).

„Existieren mehrere Ziele, liegt ein Zielsystem mit mehrfacher Zielsetzung vor.“³⁴ Eine Ordnung der Ziele nach Beziehungstypen kann erfolgen durch Unterteilung der Ziele in Haupt- und Nebenziele, in Ober- und Unterziele oder auch in kompatible und widersprüchliche (konfliktierende) Ziele. Hauptzielen kommt aus Sicht des Entscheidungsträgers eine größere Bedeutung zu als Nebenzielen. Mittel-Zweck Beziehungen zwischen Zielen finden als Ober- und Unterziele ihren Niederschlag, wobei das Unterziel als Mittel das Oberziel als den Zweck unterstützt.

Kompatibilität zwischen zwei Zielen tritt in Form der *Zielidentität*, der *Zielkomplementarität* oder der *Zielneutralität* auf. Zielkonflikte treten als *Zielkonkurrenz* oder als *Zielantinomie* in Erscheinung. *Zielidentität* liegt vor, wenn zwei Ziele sich gegenseitig zu ersetzen in der Lage sind. Man spricht hier auch von vollständiger Zielkomplementarität. Zielkomplementarität besteht, wenn die Erreichung eines Zieles positive Beiträge für die Erreichung des zweiten Zieles bringt. Zielneutralität bedeutet, die vollkommene Unabhängigkeit zweier Ziele. Die Erreichung eines Zieles bringt weder positive noch negative Beiträge für die Erreichung des anderen Zieles.

Zielkonkurrenz besteht, wenn die Erreichung eines Zieles negative Beiträge für die Erreichung des anderen Zieles bringt. Zielantinomie ist die vollständige Zielkonkurrenz – die Erreichung des einen Zieles macht die Erreichung des anderen Zieles unmöglich. Die beiden Ziele schließen sich gegenseitig aus.

Sind Ziele voneinander abhängig (entweder kompatibel oder konfliktierend) wirkt diese Abhängigkeit auf die Zielerreichung der beiden betroffenen Ziele. Die Abhängigkeit der Zielerreichung lässt sich als mathematische Funktion (Formel 1) ausdrücken, wobei f jeweils die Art der Zielbeziehung (Zielkompatibilität oder Zielkonflikt) implementiert.

$$e_2 = f(e_1)$$

Formel 1: Zielbeziehungsfunktion

e_1 Zielerreichungsgrad f. Ziel 1

e_2 Zielerreichungsgrad f. Ziel 2

Abbildung 3 zeigt beispielhaft Graphen einfacher Funktionen für konfliktierende bzw. kompatible Zielbeziehungen.

³⁴ (5), S. 315, letzter Absatz

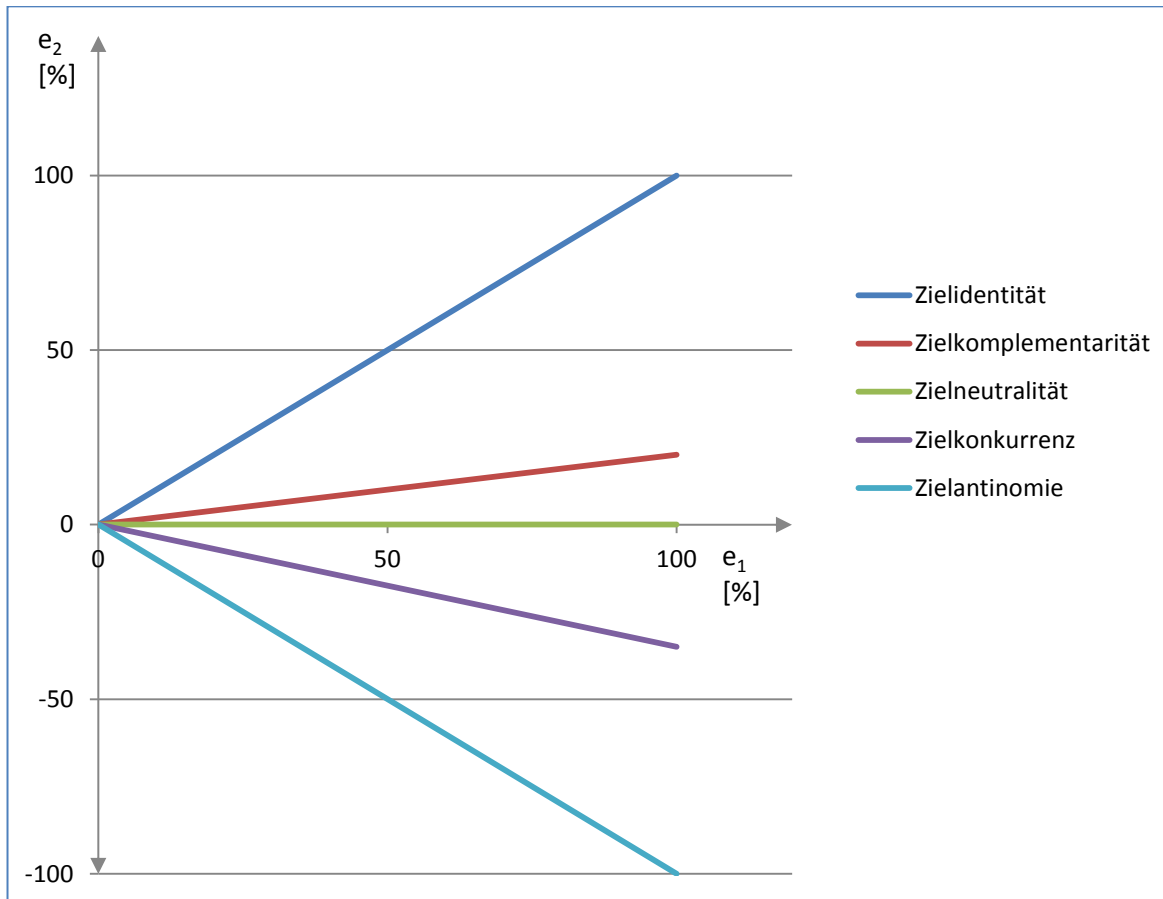


Abbildung 3: Zielbeziehungsfunktionen für Zielbeziehungen

2.1.1.4 Der Entscheidungsprozess

Eine Entscheidung in ihrer allgemeinen Bedeutung ist die Wahl einer von mehreren Handlungsalternativen. Der Prozess, der einer Entscheidung vorausgeht, wird als *Entscheidungsprozess* bezeichnet.³⁵

Der Entscheidungsprozess ist eingebettet in die Entscheidungstheorie, die zwei wesentliche Gebiete umfasst. Zu den Aufgaben der Entscheidungstheorie zählen³⁶

- Die Analyse von Entscheidungsprozessen
- Die Entwicklung von Instrumenten zur Entscheidungsfindung

Die normative Entscheidungstheorie versucht, „... Handlungsempfehlungen zur rationalen Entscheidungsfindung zu entwickeln ...“³⁷ Sie wird auch als „Entscheidungslogik“³⁸ oder

³⁵ Vgl. (19), S. 431, rechte Spalte, vorletzter Absatz

³⁶ Vgl. (5), S313,

³⁷ (5), S 313

³⁸ (19), S. 431, rechte Spalte

„präskriptive Entscheidungslogik“³⁹ bezeichnet. Die deskriptive Entscheidungstheorie wiederum untersucht als verhaltenswissenschaftlicher Ansatz die Entscheidungsbildung, die Entscheidungsziele und deren Inhalte in der Realität.⁴⁰ Die Entscheidungslogik wird im Kapitel 2.1.1.5 ausführlicher behandelt.

Wie in Abbildung 4 dargestellt, bilden die Entscheidung oder der Entschluss als letzte Stufe den Abschluss des Entscheidungsprozesses, der in aufeinanderfolgenden Stufen abgearbeitet wird.⁴¹

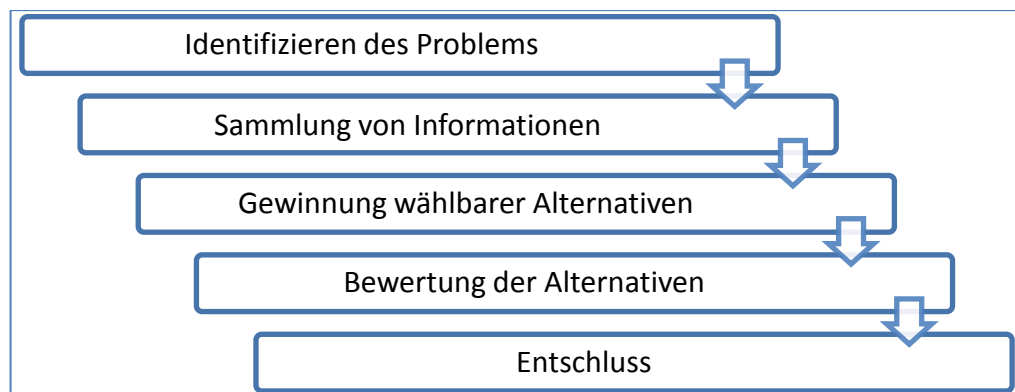


Abbildung 4: Phasen des Entscheidungsprozesses

Idealtypisch verläuft der Entscheidungsprozess die einzelnen Stufen sequenziell. In der Realität kann vor dem Entschluss aber auch zu früheren Phasen zurückgesprungen werden, wenn sich beispielsweise herausstellt, dass keine der gefundenen Alternativen das Zielsystem befriedigt und die Gewinnung wählbarer Alternativen wiederholt werden muss.

Kruschwitz fasst den Entscheidungsprozess weiter. Wie in Abbildung 5 dargestellt, sieht er ihn als bestehend aus einer *Planungsphase*, der eine *Realisierungsphase* und danach eine *Kontrollphase* folgen. Die Planungsphase gliedert Kruschwitz weiter und sieht sie als bestehend aus der *Problemstellungsphase*, der *Suchphase*, gefolgt von der *Beurteilungsphase* und der *Entscheidungsphase*.⁴² Kruschwitz bezieht in den Entscheidungsprozess im weiteren Sinne also nach der Planung auch die Umsetzung und die Kontrolle mit ein. Der Entscheidungsprozess im engeren Sinn (wie oben beschrieben), bezeichnet Kruschwitz als *Planungsphase*.

³⁹ (5), S. 313 vorletzter Absatz

⁴⁰ Vgl. (19), S. 431 rechte Spalte unten

⁴¹ Vgl. (19), S. 431 rechte Spalte unten

⁴² Vgl. (8), S. 7 erster Absatz

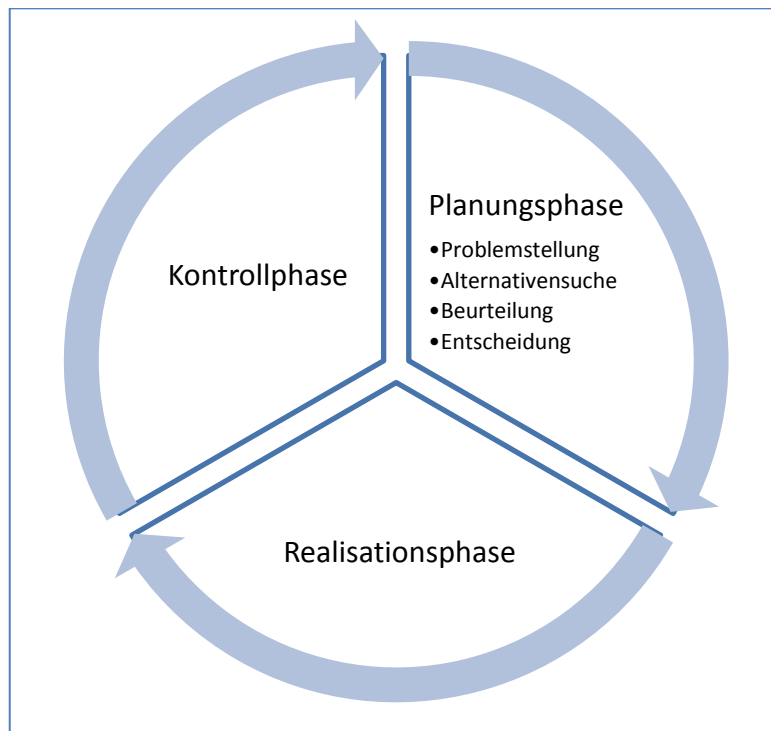


Abbildung 5: Der Entscheidungsprozess als iterativer Prozess⁴³

Wie in Abbildung 5 dargestellt, sieht Kruschwitz den Entscheidungsprozess als iterativen Prozess, bei dem als Ergebnis der Planungsphase ein Soll-Wert ermittelt wird, der während der Realisierungsphase durch geeignete Maßnahmen implementiert und in der Kontrollphase mit dem erhobenen Ist-Wert verglichen wird. Aus Abweichungen zwischen dem Soll-Wert und dem Ist-Wert kann eine Zielkorrektur abgeleitet werden, die in einer nachfolgenden Iteration bessere Entscheidungsgrundlagen liefert. Der Einstieg in den iterativen Entscheidungsprozess erfolgt in die Planungsphase, die erstmalig durchgeführt wird, wenn die Notwendigkeit einer Entscheidung erkannt wird.

Der Entscheidungsprozess im weiteren Sinn ist ein kontinuierlicher Prozess, der iterativ auch mehrmals durchlaufen werden kann, während der Entscheidungsprozess im engeren Sinn mit dem Treffen einer Entscheidung für ein identifiziertes Problem abgeschlossen ist. In einem Entscheidungsprozess im weiteren Sinn wird innerhalb jeder einzelnen Iteration während der Planungsphase⁴⁴ ein Entscheidungsprozess im engeren Sinne durchlaufen.

⁴³ Vgl. (8), S. 7

⁴⁴ In der Bedeutung von Kruschwitz

2.1.1.5 Verfahren zur Entscheidungsfindung

Verfahren zur Entscheidungsfindung werden als Teilgebiet der Entscheidungstheorie in der präskriptiven Entscheidungslogik behandelt. „Die **Entscheidungslogik** stellt formale Hilfsmittel (mathemat. Modelle und Operationen) zur Verfügung, um Entscheidungen vorzubereiten.“⁴⁵

Das Prinzip rationalen Handelns liegt der Entscheidungslogik zu Grunde. Dieses wird im Rationalprinzip formuliert und steht „... für ein bestimmtes, rationales Entscheidungsverhalten. Danach entscheidet rational, wer auf der Grundlage der ihm zur Verfügung stehenden Informationen die ihm am günstigsten erscheinende Alternative wählt.“⁴⁶

Nach dem Rationalprinzip ermisst sich die Attraktivität einer Handlungsalternative aus dem Verhältnis des erzielbaren Nutzens zu den eingesetzten Mitteln. Über Motive oder Zielsetzungen des Entscheidenden liefert das Rationalprinzip keinerlei Hinweise. Motive und Ziele können von Subjekt zu Subjekt unterschiedlich sein. Die Bewertung des erzielbaren Nutzens kann daher auch Gegenstand individueller Beurteilung durch das entscheidende Subjekt sein.

Wird ein optimales Verhältnis von erzielbarem Nutzen zu eingesetzten Mitteln angestrebt, dann wird diese Ausprägung des Rationalprinzips auch als *Optimum-Prinzip* bezeichnet. Als *Minimum-Prinzip*, *Sparsamkeitsprinzip* oder auch *Haushaltsprinzip* wird das Erreichen eines gegebenen Nutzens mit minimalen eingesetzten Mitteln bezeichnet, während das Erreichen des höchstmöglichen Nutzens mit gegebenen Mitteln als *Maximum-Prinzip* oder auch *Ergiebigkeitsprinzip* bezeichnet wird.⁴⁷

In der Ökonomie wird das Rationalprinzip als *ökonomisches Prinzip* oder *Wirtschaftlichkeitsprinzip* konkretisiert und dem homo oeconomicus als Handlungsprinzip unterstellt.

Verfahren zur Entscheidungsfindung werden in der Literatur häufig gegliedert in

- Verfahren der Sicherheit
- Verfahren der Ungewissheit
- Verfahren des Risikos

„Von **Entscheidungen unter Sicherheit** spricht man im Rahmen der Entscheidungstheorie dann, wenn der Entscheidungsträger den eintretenden Umweltzustand mit Sicherheit

⁴⁵ (19), S. 431, rechte Spalte

⁴⁶ (23), S. 85, linke Spalte

⁴⁷ Vgl. (48), Abschnitt Ausprägungen

kennt ($\omega_j = 1$) und er also sämtliche Konsequenzen aus einer Handlung voraussagen kann.“⁴⁸

Neben der Entscheidung unter Sicherheit gibt es noch die Entscheidungssituation unter Unsicherheit. Diese wird differenziert in die Entscheidung unter Ungewissheit und die Entscheidung unter Risiko.

Man spricht von einer Entscheidung unter **Ungewissheit**, wenn die „.... unbekannten Wahrscheinlichkeiten > 0 sind (keine unmöglichen Zustände), ...“⁴⁹ und „... die Summe der Wahrscheinlichkeiten 1 ist (alle Zustände werden berücksichtigt).“⁵⁰

Eine Entscheidung unter Risiko ist indiziert, wenn „... einer von mehreren möglichen Zuständen eintreten wird, ...“⁵¹ und „... objektive, intersubjektiv überprüfbare oder subjektive Wahrscheinlichkeiten vorliegen.“⁵²

In Anbetracht der Zielsetzung dieser Arbeit wird für die weiteren Ausführungen davon ausgegangen, dass der Entscheidungsträger keine Unsicherheit kennt, also weder Risiko noch Ungewissheit vorliegen. Der Entscheidungsträger ist in der Lage, alle für die Entscheidung erforderlichen Informationen vollständig zu beschaffen. In den weiteren Betrachtungen werden daher die Verfahren der Entscheidungsfindung eingeschränkt auf Verfahren unter Sicherheit.

Die in dieser Arbeit betrachtete Entscheidungssituation behandeln Handlungsalternativen, die sich gegenseitig vollständig ausschließen, also echte Handlungsalternativen.

2.1.1.5.1 Entscheidung nach Betrachtung der Kosten

Die Literatur unterscheidet zwischen statischen Verfahren und dynamischen Verfahren der Investitionsrechnung. Zur grundsätzlichen Charakterisierung dieser beiden Gruppen von Verfahren kann gesagt werden, dass statische Verfahren als einfacher gelten, während die dynamischen Verfahren als anspruchsvoller gelten. Die statischen Verfahren berücksichtigen den zeitlichen Aspekt der Erfolgsströme⁵³ lediglich durch Berücksichtigung von Durchschnittswerten für die Erfolgsgrößen.⁵⁴ „Die dynamischen Investitions-

⁴⁸ (38)

⁴⁹ (5), S. 324

⁵⁰ (5), S. 324

⁵¹ (5), S. 325

⁵² (5), S. 325

⁵³ Einzahlungen und Auszahlungen

⁵⁴ Vgl. (8), S. 31

rechnungen erfassen die Zeitstruktur der Ein- und Auszahlungen dadurch, dass sie die zu unterschiedlichen Zeitpunkten anfallenden Zahlungen mit Hilfe der Zinseszinsrechnung auf einen gemeinsamen Vergleichszeitpunkt abzinsen (diskontieren) oder aufzinsen.⁵⁵

Unter Berücksichtigung der oben getroffenen Rahmenbedingungen⁵⁶ zählen zu den statischen Verfahren der Investitionsrechnung:⁵⁷

- Die Gewinnvergleichsrechnung
- Die Kostenvergleichsrechnung
- Die Renditevergleichsrechnung
- Die Amortisationsrechnung

Während die Gewinnvergleichsrechnung, die Kostenvergleichsrechnung und die Renditevergleichsrechnung zu den einperiodigen Verfahren gezählt werden, ist die Amortisationsrechnung ein mehrperiodiges Verfahren.⁵⁸

Einperiodige Verfahren	Mehrperiodige Verfahren
Gewinnvergleichsrechnung	Amortisationsrechnung
Kostenvergleichsrechnung	
Renditevergleichsrechnung	

Tabelle 2: Arten statischer Investitionsrechnungen⁵⁹

Zu den dynamischen Verfahren der Investitionsrechnung sind zu zählen:

- Die Kapitalbarwertmethode
- Die Annuitätenmethode
- Die Methode der internen Zinssätze
- Der vollständige Finanzplan

Für die weiteren Untersuchungen wird der Fokus auf Investitionskostenrechenverfahren gelegt, die den Kostenaspekt betrachten. Wie in Kapitel 2.1.2 (unten) gezeigt wird, spielt

⁵⁵ (8), S45, zweiter Absatz

⁵⁶ Entscheidung unter Sicherheit

⁵⁷ Vgl. (8), S. 31

⁵⁸ Vgl. (8), S. 31

⁵⁹ Vgl. (8), S. 31

der Einzahlungsstrom für die Bewertung der Attraktivität von Investitionsalternativen beim privaten Haushalt i.d.R. keine Rolle⁶⁰. Konsequenterweise werden nachfolgend nur mehr jene Investitionsrechenverfahren näher beleuchtet, die auch beim Fehlen von Einzahlungsströmen sinnvoll anwendbar sind.

2.1.1.5.1.1 Die Kostenvergleichsrechnung

Die Kostenvergleichsrechnung zählt zu den statischen Verfahren der Investitionsrechnung. Wesentliches Merkmal statischer Verfahren der Investitionsrechnung ist das Fehlen des zeitlichen Bezugs der Erfolgsgrößen (Ein- und Auszahlungen).

An die Stelle konkreter Werte für Ein- bzw. Auszahlungen treten Durchschnittswerte. Eine Investitionsentscheidung wird i.d.R. für einen längeren Zeitraum von mehreren Jahren getroffen. Für einperiodige Verfahren der Investitionsrechnung wird als Periodendauer der Zeitraum eines Jahres, also die typische Abrechnungsperiode der Buchhaltung gewählt. Dabei stellt sich die Frage, welches Jahr der Wirksamkeit der zu treffenden Investition als Beobachtungsjahr herangezogen werden soll. Weder die Auszahlungen noch die Einzahlungen können i.d.R. über die Wirkungskdauer der Investition als gleichmäßig angenommen werden. In frühen Perioden des Wirkungszeitraumes der Investition werden hohe Auszahlungen zu erwarten sein, während in späteren Perioden i.d.R. nur mehr geringere Auszahlungen zu erwarten sind. Auch die Einzahlungen sind über mehrere Perioden des Wirkungszeitraumes der Investition unterschiedlich hoch. Um jenen Wert mit der größten Schwankungsbreite über mehrere Rechnungsperioden hinweg zu periodisieren, kann an die Stelle des Anschaffungspreises der periodisierte Wert der Abschreibung als Stellvertreter treten.⁶¹

„Wer sich bei der Beurteilung von Investitionen auf Kostenvergleiche beschränkt, der verzichtet auf die Erfassung der positiven Erfolgskomponente (Erlöse) und konzentriert sich ganz auf die negative Erfolgskomponente (Kosten).“⁶² Diese Warnung kann im Hinblick auf den privaten Haushalt gelassen genommen werden, wenn es sich bei der Investition um Gebrauchsgüter handelt, aus deren Verwendung i.d.R. keine Erlöse zu erwarten sind. Die positive Erfolgskomponente ist beim privaten Haushalt jedoch sehr wohl zu berücksichtigen, wenn es sich bei der Investition um eine Finanzinvestition⁶³ handelt. Das Ent-

⁶⁰ Einzahlungsströme werden durch Investitionen des privaten Haushalts i.d.R. nicht beeinflusst. Eine Ausnahme davon bilden z.B. Investitionen in die zusätzliche Qualifikation eines Haushaltsmitgliedes,

⁶¹ vgl. (8), S. 32

⁶² (8), S. 35, erster Absatz

⁶³ Vgl. Kapitel 2.1.1.2 (Arten von Investitionen), **Error! Reference source not found., S. Fehler! Textmarke nicht definiert.**

scheidungskriterium bei der Kostenvergleichsrechnung lautet: „Wähle jene Investition mit den kleinsten (durchschnittlichen) Kosten.“⁶⁴

Eine Vernachlässigung von Erlösen ist zulässig, wenn die Erlöse in Bezug auf jede Handlungsalternative gleich sind.⁶⁵ Die Kosten in einer Betrachtungsperiode setzen sich zusammen aus:

$$K = AfA + K_f + K_v + i_{kalk}$$

Formel 2: Kostenfunktion

K	Kosten in der Periode
AfA	Abschreibung für Abnutzung pro Periode
K_f	fixe Kosten in der Periode
K_v	variable Kosten in der Periode
i_{kalk}	kalkulatorische Zinsen pro Periode

Die kalkulatorischen Abschreibungen, als Ersatz der Anschaffungskosten in der Berechnung der Periodenkosten, errechnen sich wie folgt:

$$AfA = \frac{a_0 - RW}{n}$$

Formel 3: Abschreibung für Abnutzung

a_0	Anschaffungswert
AfA	Abschreibung für Abnutzung pro Periode
RW	Restwert
n	Nutzungsdauer in Perioden

Die kalkulatorischen Zinsen sind nicht mit Aufwand verbunden, sie beruhen also nicht auf Auszahlungen, sondern sollen entgangene Erträge quantifizieren. Sie entsprechen damit dem Gedanken von Opportunitätskosten.⁶⁶ „Als **Opportunitätskosten** bezeichnet man

⁶⁴ (8), S. 35

⁶⁵ Vgl. (8), S. 35

⁶⁶ Vgl. (2), S. 696 f.

den Nutzenentgang (= entgangener Erlös) aus der nicht realisierten Alternativverwendung knapper Güter.⁶⁷ Die kalkulatorischen Zinsen errechnen sich wie folgt:

$$i_{\text{kalk}} = \frac{a_0 + RW}{2} * i$$

Formel 4: Kalkulatorische Zinsen

a_0	Anschaffungswert
i_{kalk}	kalkulatorische Zinsen pro Periode
RW	Restwert
i	Zinssatz

2.1.1.5.1.2 Die Kapitalbarwertmethode

Die Kapitalbarwertmethode wird zu den dynamischen Methoden der Investitionsrechnung gezählt. Die mit einer Investition verbundenen Zahlungsströme (Ein- und Auszahlungen) sind über die Dauer der Wirksamkeit der Investition nicht konstant, sondern unterliegen Schwankungen. Besonders hoch sind i.d.R. die Schwankungen bei den Auszahlungen für Sachinvestitionen. Charakteristisch für Sachinvestitionen ist ein hoher Anschaffungsbeitrag. Die dynamische Investitionsrechnung bemüht sich, die unterschiedlichen Werte für Ein- bzw. Auszahlungen mit dem entsprechenden Zeitbezug bestmöglich zu berücksichtigen.⁶⁸

„Die dynamischen Investitionsrechnungen erfassen die Zeitstruktur der Ein- und Auszahlungen dadurch, dass sie die zu unterschiedlichen Zeitpunkten anfallenden Zahlungen mit Hilfe der Zinseszinsrechnung auf einen gemeinsamen Vergleichszeitpunkt abzinsen (diskontieren) oder aufzinsen.“⁶⁹

„Mit der Kapitalbarwertmethode werden Investitionsobjekte nach ihrer Wirtschaftlichkeit beurteilt, d.h. die Investitionsobjekte werden mit einer fiktiven Finanzanlage verglichen, die sich zu einem Kalkulationszinssatz diskontiert.“⁷⁰ Der Kapitalbarwert ist die Summe aller auf den Investitionszeitpunkt abgezinsten Zahlungen.⁷¹

⁶⁷ (2), S. 943

⁶⁸ Vgl. (8), S. 44 f.

⁶⁹ (8), S. 45

⁷⁰ (3), S. 31

⁷¹ Vgl. (28), S. 95

$$C_0 = -a_0 + \left(\sum_{k=1}^n \frac{e_k - a_k}{q^k} \right) + \frac{L}{q^n}$$

Formel 5: Kapitalbarwert

a_0	Anschaffungswert
a_k	Ausgaben in der Periode k
C_0	Kapitalbarwert
e_k	Einnahmen in der Periode k
i	Zinssatz
L	Liquidationserlös am Ende der Nutzungsdauer
n	Nutzungsdauer in Perioden
q	Zinsfaktor

In einer Situation, in der die Einnahmen und Ausgaben in den Perioden gleich sind, kann zur Vereinfachung die folgende Formel zur Berechnung des Kapitalbarwertes einer Investition angewendet werden.

$$C_0 = -a_0 + \ddot{u} \frac{q^n - 1}{q^n(q - 1)} + \frac{L}{q^n}$$

Formel 6: Kapitalbarwert bei gleichbleibenden Einnahmen und Ausgaben

a_0	Anschaffungswert
C_0	Kapitalbarwert
\ddot{u}	Überschuss in jeder Periode
i	Zinssatz
L	Liquidationserlös am Ende der Nutzungsdauer
n	Nutzungsdauer in Perioden
q	Zinsfaktor

Nach der Kapitalbarwertmethode ist jener Investitionsalternative der Vorzug zu geben, die den höchsten Kapitalbarwert aufweist. Bei Investitionen, die keine Erträge abwerfen, wird ein negativer Kapitalbarwert zu erwarten sein. In solchen Fällen ist jene Investitionsalternative zu wählen, die den niedrigsten negativen Kapitalbarwert aufweist.

2.1.1.5.2 Entscheidung nach Betrachtung des Nutzwertes

Wird eine Investitionsentscheidung nur basierend auf monetären Zielen getroffen, so kann dazu die Investitionsrechnung verwendet werden. „Investitionsrechnungen orientieren sich immer an monetären Zielen. Nicht-monetäre Ziele müssen grundsätzlich außerhalb der

Investitionsrechnung berücksichtigt werden.“⁷² Eine komplexe Entscheidungssituation erfordert meist die Berücksichtigung auch nicht-monetärer Ziele. Dazu liefert die normative Entscheidungstheorie Modelle zur rationalen Entscheidungsfindung.⁷³

Das Grundmodell der normativen Entscheidungstheorie besteht aus der Erstellung einer *Ergebnismatrix*⁷⁴ die in eine *Entscheidungsmatrix* transformiert wird und in dieser Form die Grundlage für die Entscheidung darstellt.

Die Ergebnismatrix, wie in Tabelle 3 dargestellt, zeigt in den Zeilen die möglichen Aktionen (auch: actions⁷⁵, Handlungsalternativen, Handlungsmöglichkeiten oder *ven*⁷⁶), in den Spalten die möglichen Zustände (auch: situations⁷⁷, Umweltzustände oder Zukunftslagen⁷⁸) und in den Zellen die jeweiligen Ergebnisse (auch: events⁷⁹, aktions- und zustandsabhängige Ergebnisse oder Gewinn⁸⁰).

Die Menge aller verfügbaren Aktionen bilden den Aktionsraum, der auch als Entscheidungsraum bezeichnet wird. Zustände einer Aktion werden auch als Aktionsparameter bezeichnet und beschreiben Teilaspekte einer Aktion; die Ergebnisse sind das Resultat einer Teilaktion.⁸¹

	s_1	s_n
a_1	$e_{1,1}$	$e_{1,n}$
a_m	$e_{m,1}$	$e_{m,n}$

Tabelle 3: Schema einer Ergebnismatrix (Zielertragsmatrix)⁸²

⁷² (8), S. 10

⁷³ Siehe Kapitel 2.1.1.5, S. 15

⁷⁴ Vgl. (5), S. 319

⁷⁵ Vgl. (5), S. 319

⁷⁶ Vgl. (8), S. 292

⁷⁷ Vgl. (5), S. 319

⁷⁸ Vgl. (8), S. 292

⁷⁹ Vgl. (5), S. 319

⁸⁰ Vgl. (8), S. 292

⁸¹ Vgl. (5), S. 318 f.

⁸² Erstellt auf der Basis der textuellen Ausführungen in. (5), S. 319

a_i Aktion i

s_j Umweltzustand j

$e_{i,j}$ Ergebniswert der Aktion i und des Umweltzustandes j

Die Ertragsmatrix sei am folgenden konkreten Beispiel illustriert:

Ein Unternehmer hat eine offene Stelle zu besetzen. Er möchte diese mit einem Berufsanfänger besetzen und entscheidet sich, neben den Zeugnisnoten des Abschlusszeugnisses drei Aspekte, die er im persönlichen Gespräch bewerten möchte, zu verwenden. Da es sich um eine Stelle im Marketing handelt, interessieren ihn die Noten in Deutsch, Mathematik, Englisch, Psychologie und Philosophie, Geographie und Wirtschaftskunde sowie Informatik. Aus dem persönlichen Gespräch will er sich einen Eindruck über die Sympathie, die Bildungsbereitschaft und die Präsentationskenntnisse machen. Für die Bewertung des Aktionsparameters Sympathie sieht der Unternehmer die Wertemenge {Gering, Mittel, Hoch} vor, für die Bewertung der Aktionsparameters Bildungsbereitschaft die Wertemenge {Hoch, Mittel, Niedrig} und für die Bewertung des Aktionsparameters Präsentationskenntnisse die Wertemenge {Sehr gut, Gut, Mittel, Gering} vor. Tabelle 4 zeigt die Ergebnismatrix für drei Bewerber auf die offene Stelle.

Bewerber	Deutsch	Mathematik	Englisch	Psychologie und Philosophie	GWK	Informatik	Sympathie	Bildungsbereitschaft	Präsentationskenntnisse
A	Befriedigend	Gut	Befriedigend	Gut	Befriedigend	Sehr gut	Gering	Mittel	Gut
B	Genügend	Sehr gut	Befriedigend	Befriedigend	Sehr gut	Sehr gut	Mittel	Hoch	Mittel
C	Gut	Gut	Gut	Befriedigend	Befriedigend	Befriedigend	Hoch	Mittel	Gering

Tabelle 4: Beispiel für eine Ergebnismatrix (Zielertragsmatrix)

Der Aktionsraum der Entscheidung umfasst somit alle Bewerber für die offene Position. Die Aktionsparameter werden durch die für die offene Position relevanten Unterrichtsfächer, ergänzt um die Aspekte aus den Bewerbungsgesprächen gebildet. Die Ergebnisse werden durch die jewei-

ligen Noten der Bewerber in den relevanten Unterrichtsgegenständen sowie die Bewertungen aus den Bewerbungsgesprächen gebildet.

„Die Herbeiführung einer Entscheidung erfolgt über die Transformation der Ergebnismatrix in die Entscheidungsmatrix.“⁸³ Die Transformation betrifft die Ergebnisse, also die Werte der Zellen aus der Ergebnismatrix.

Die Aktionsparameter der Ergebnismatrix haben potenziell unterschiedliche Einheiten, daher müssen die Werte in den Zellen spaltenweise in Werte mit identen Einheiten transformiert werden. Für jeden Aktionsparameter der Ergebnismatrix muss eine Funktion zur Transformation der Ergebniswerte in Werte gleicher Einheiten gefunden werden. Die Werte in den Zellen der Entscheidungsmatrix werden als Nutzwerte (uses) bezeichnet.

$$u_{i,j} = f_j(e_{i,j}) \quad \left| \quad \begin{array}{l} 1 \leq i \leq m \\ 1 \leq j \leq n \end{array} \right.$$

Formel 7: Nutzenfunktion

$e_{i,j}$ Ergebniswert der Aktion i und des Umweltzustandes j

$u_{i,j}$ Nutzen der der Aktion i und des Umweltzustandes j

$f_j(e_{i,j})$ Transformationsfunktion für Ergebniswerte des Umweltzustandes j

Die Struktur der Entscheidungsmatrix ist ident mit der Struktur der Ertragsmatrix. Tabelle 5 zeigt das Schema einer Entscheidungsmatrix, wie es nach der Transformation aus Tabelle 3 aussieht.

	s_1	s_n
a_1	$u_{1,1}$	$u_{1,n}$
a_m	$u_{m,1}$	$u_{m,n}$

Tabelle 5: Schema der Entscheidungsmatrix

Die Vereinheitlichung der Einheiten der Werte der Aktionsparameter muss zu *ordinalen* oder *kardinalen* Nutzen für alle Aktionsparameter führen. Alle Nutzen einer Aktion müssen zu einem gesamten Nutzwert für die Aktion aggregiert werden können. Die Aggregation erfolgt im Rahmen der Wertsynthese entsprechend einer konkreten Entscheidungsregel. Dies ist deshalb erforderlich, um eine Präferenzordnung für die Handlungsalternativen zu erhalten.

⁸³ (5), S. 319, letzter Absatz

Diese Präferenzordnung muss dem Entscheidungsträger die folgenden Aussagen erlauben:⁸⁴

- Von je zwei Nutzwerten weiß der Entscheidungsträger, ob er einen dem anderen vorzieht, oder ob ihm die beiden Nutzwerte indifferent sind.
- Wenn u_2 dem Wert u_1 vorgezogen wird, u_3 dem Wert u_2 vorgezogen wird, dann wird auch u_3 dem u_1 vorgezogen.

Das Beispiel in Tabelle 4 weist unterschiedliche Werteinheiten in den Spalten für die Zeugnisnoten und den Spalten für die Beurteilung aus dem Vorstellungsgespräch auf. Die Ergebniswerte der Sympathie-Spalte sind mit den Ergebniswerten der Deutsch-Spalte nicht vergleichbar. Sie vergleichbar zu machen, ist Zweck der Transformation der Ergebniswerte in die Nutzwerte.

„Eine Entscheidung wird in der normativen Entscheidungstheorie nun über die Anwendung von Entscheidungsregeln herbeigeführt.“⁸⁵ Um eine Entscheidung für eine optimale Handlungsalternative treffen zu können, ist die Kenntnis der Risikoeinstellung des Entscheidungsträgers notwendig. Dazu ist es notwendig den Grad der Risikofreude oder -abneigung des Entscheidungsträgers zu bestimmen. In Kenntnis der Risikoeinstellung des Entscheidungsträgers kann eine geeignete, konkrete Entscheidungsregel gewählt werden. Häufig ist es möglich, durch die Anwendung *allgemeiner Entscheidungsregeln*, die noch keine Kenntnis der Risikoeinstellung des Entscheidungsträgers erfordern, den Aktionsraum vor der Anwendung konkreter Entscheidungsregeln auf eine Vorauswahl einzugrenzen.^{86 87}

Diese allgemeinen Entscheidungsregeln werden als Dominanzprinzipien bezeichnet. Es werden drei Dominanzprinzipien unterschieden absolute Dominanz, Zustandsdominanz und Wahrscheinlichkeitsdominanz.

Absolute Dominanz. Eine Alternative a_j dominiert eine Alternative a_k absolut, wenn der geringstmögliche Gewinn von a_j nicht kleiner ist als der größtmögliche Gewinn von a_k .⁸⁸

⁸⁴ Vgl. (5), S. 320

⁸⁵ (5), S. 320

⁸⁶ Vgl. (8), S. 294

⁸⁷ Nicht in allen Fällen können allgemeine Entscheidungsregel die möglichen Handlungsalternativen ohne Kenntnis der konkreten Entscheidungsregel sinnvoll einschränken. Allgemeine Entscheidungsregeln dürfen nur dann angewendet werden, wenn die konkrete Entscheidungsregel auf maximaler Zielerreichung aufbaut. Sie dürfen nicht angewendet werden, wenn die konkrete Entscheidungsregel auf Zielsatisfizierung aufbaut. Am Beispiel des Goal-Programming wird das in Kapitel 2.1.1.5.2 noch gezeigt werden.

⁸⁸ Vgl. (8), S. 295

$$\min_s u_{j,s} \geq \max_s u_{k,s} \Rightarrow a_j \geq a_k$$

Formel 8: Absolute Dominanz

Tabelle 6 zeigt ein Beispiel für eine Entscheidungssituation bei absoluter Dominanz. Alternative a_1 dominiert Alternative a_2 absolut. Der kleinste Nutzwert a_1 (20 für Aktionsparameter s_3) ist nicht kleiner als der größte Nutzwert von a_2 (20 für Aktionsparameter s_1 bzw. s_3).

	s_1	s_2	s_3
a_1	40	90	20
a_2	20	10	20

Tabelle 6: Beispiel einer Entscheidungssituation bei absoluter Dominanz

Zustandsdominanz Eine Alternative a_j dominiert eine Alternative a_k , wenn bei paarweisem Vergleich der Nutzenwerte von a_j in keinem Umweltzustand schlechter sind, als der der Alternative a_k , a_j jedoch mindestens in einem Zustand einen höheren Nutzen aufweist als a_k .⁸⁹

$$\begin{cases} u_{j,s} \geq u_{k,s} \\ u_{j,s} > u_{k,s} \end{cases} \Rightarrow a_j > a_k$$

Formel 9: Zustandsdominanz

Tabelle 7 zeigt ein Beispiel für eine Entscheidungssituation bei Zustandsdominanz. Alternative a_1 dominiert Alternative a_2 , weil sie in Umweltzustand s_2 einen höheren Nutzenwert aufweist. Die Nutzenwerte für die anderen Umweltzustände sind gleich.

	s_1	s_2	s_3
a_1	40	90	20
a_2	40	80	20

Tabelle 7: Beispiel einer Entscheidungssituation bei Zustandsdominanz

⁸⁹ Vgl. (8), S. 295

Wahrscheinlichkeitsdominanz Eine Alternative a_j dominiert eine Alternative a_k , wenn für jeden Nutzwert u die Wahrscheinlichkeit, diesen Nutzwert mit a_j zu erreichen nicht kleiner ist als für die Alternative a_k und es mindestens einen Nutzwert gibt, der mit a_j mit höherer Wahrscheinlichkeit erreicht werden kann als mit Alternative a_k .⁹⁰

$$\left\{ \begin{array}{l} q(u_j \geq u) \geq q(u_k \geq u) \\ q(u_j \geq u) > q(u_k \geq u) \end{array} \right\} \Rightarrow a_j > a_k$$

Formel 10: Wahrscheinlichkeitsdominanz

Tabelle 8 zeigt ein Beispiel für eine Entscheidungssituation bei Wahrscheinlichkeitsdominanz.

	s_1 $q_1 = 0,3$	s_2 $q_2 = 0,5$	s_3 $q_3 = 0,2$
a_1	50	90	20
a_2	50	80	20

Tabelle 8: Beispiel einer Entscheidungssituation bei Wahrscheinlichkeitsdominanz

Um bei Wahrscheinlichkeitsdominanz die Entscheidung zu treffen, ist Tabelle 8 in eine Form, wie in Tabelle 9 gezeigt, zu transformieren. Tabelle 9 zeigt, dass Alternative a_1 Alternative a_2 dominiert, weil die Wahrscheinlichkeit, einen Nutzenwert von 90 zu erreichen höher ist, als bei Alternative a_2 .

u	20	50	80	90
$q(u_1 = u)$	0,2	0,3	0,0	0,5
$q(u_2 = u)$	0,2	0,3	0,5	0,0
$q(u_1 \geq u)$	1,0	0,8	0,5	0,5

⁹⁰ Vgl. (8), S. 296

$q(u_2 \geq u)$	1, 0	0, 8	0, 5	0, 0
-----------------	------	------	------	------

Tabelle 9: Transformation einer Entscheidungsmatrix mit Wahrscheinlichkeitsdominanz

Die Wahrscheinlichkeitsdominanz ist nur relevant für Entscheidungen unter Unsicherheit, nicht für Entscheidungen unter Sicherheit.

Von einer **Entscheidung unter Sicherheit** spricht man, wenn die Eintretenswahrscheinlichkeit der Zustände 100% ist.⁹¹ Der Entscheidungsträger kann sämtliche Konsequenzen einer Handlungsalternative voraussagen. Die einstufige Entscheidung unter Sicherheit basiert auf dem Grundmodell der Entscheidungstheorie. Sie beginnt mit der Erstellung einer Zielertragsmatrix (Ergebnismatrix), die in eine Zielwertmatrix (Entscheidungsmatrix) transformiert wird. Die in der Zielwertmatrix enthaltenen Zielwerte für einzelne Aktionsparameter werden durch Wertsynthese in einen Nutzenwert für jede Handlungsalternative aggregiert. Die Nutzwerte bilden eine Präferenzordnung für die betrachteten Handlungsalternativen.

Die Aggregation der Zielwerte für jeden Aktionsparameter einer Handlungsalternative zu einem Nutzwert für die Handlungsalternative erfolgt nach unterschiedlichen Entscheidungsregeln, die in den folgenden Abschnitten näher behandelt werden.

Lexikographische Ordnung

Die Lexikographische Ordnung erfordert, dass die Aktionsparameter in eine ordinale Rangfolge gebracht werden. Um eine Entscheidung zu finden, werden die Zielwerte der Handlungsalternativen nach der Rangfolge der Aktionsparameter verglichen. Bei Indifferenz wird in einem folgenden Schritt der Vergleich auf den in der Rangfolge folgende Aktionsparameter ausgedehnt. Diese Prozedur wird solange verfolgt, bis eine eindeutige Entscheidung gegeben ist. Diese Entscheidungsregel wird auch mit dem Begriff *Zielunterdrückung* beschrieben.⁹² Unterdrückt werden dabei jene Ziele, die nach ihrer Gewichtung als nachrangig betrachtet werden.

Zielgewichtung

Für jeden Aktionsparameter s_j werden nichtnegative Gewichte g_j definiert, mit denen die Zielwerte für jede Handlungsalternative multipliziert werden. Die Wertsynthese erfolgt durch Addition der so gewichteten Zielwerte.

⁹¹ Vgl. (5), S. 319

⁹² Vgl. (5), S. 322

$$u_i = \sum_{j=1}^m g_j * u_{i,j}$$

Formel 11: Nutzwertberechnung bei Zielgewichtung

Jene Handlungsalternative ist optimal, die den höchsten Nutzwert aufweist. Diese Entscheidungsregel wird auch als Maximierungsregel bezeichnet.⁹³

Goal-Programming

Für jeden Aktionsparameter s_j existiert ein Vorgabewert u_j (Idealwert). Dieser Idealwert soll so gut wie möglich erreicht werden. Die Wertsynthese erfolgt durch Addition der absoluten Abweichungen des Zielwertes $u_{i,j}$ vom Idealwert u_j .

$$u_i = \sum_{j=1}^m |u_j - u_{i,j}|$$

Formel 12: Nutzwertberechnung bei Goal-Programming

Jene Handlungsalternative ist optimal, die die geringste Gesamtabweichung von den Idealwerten aufweist. Diese Entscheidungsregel wird auch als Satisfizierungsregel bezeichnet.⁹⁴

Eine Entscheidung nach dieser Entscheidungsregel kann nicht durch eine allgemeine Entscheidungsregel (absolute Dominanzregel oder Zustandsdominanzregel) präjudiziert werden. Die Anwendung der allgemeinen Dominanzregeln setzen voraus, dass Zielmaximierung bzw. Nutzenmaximierung angestrebt wird, was bei Goal-Programming nicht der Fall ist. Hier wird die bestmöglich Erreichung eines Idealwertes angestrebt. Der Idealwert ist i.d.R. nicht gleich dem maximal erreichbaren Wert für einen Aktionsparameter.

Maximierung des minimalen Zielerreichungsgrades

Für jeden Aktionsparameter wird das Spaltenmaximum bestimmt. Bezogen auf das jeweilige Spaltenmaximum wird für jede Aktion der relative Zielerreichungsgrad der Werte sei-

⁹³ Vgl. (5), S. 322

⁹⁴ Vgl. (5), S. 322

ner Aktionsparameter bestimmt. Die Wertsynthese erfolgt durch die Bestimmung der minimalen Zielerreichung für jede Aktion – es sind dies die jeweiligen Zeilenminima.

$$u_i = \min_j \left(\frac{u_{i,j}}{\max_i u_j} \right)$$

Formel 13: Nutzwertberechnung für die Pessimistenregel

Jene Handlungsalternative ist optimal, die den höchsten Wert der minimalen relativen Zielerreichung aufweist.⁹⁵

2.1.1.5.3 Die Kosten-Wirksamkeits-Analyse

Neben der Nutzwertanalyse kann auch die Kosten-Wirksamkeits Analyse für die Entscheidungsfindung verwendet werden. Die Kosten-Wirksamkeits Analyse wird verwendet, wenn zwar die Kosten (also finanzwirtschaftliche Zielgrößen) monetär gemessen werden können, der Nutzen jedoch nicht monetär quantifizierbar ist. In einer Variante der Kosten-Wirksamkeits Analyse werden die Kosten getrennt von den Nutzenwerten aggregiert, um in einem weiteren Schritt durch Quotientenbildung der Kostengrößen durch die Wirksamkeitsgrößen eine Aussage über die Effektivität der Handlungsalternativen und somit eine Grundlage für die Entscheidungsfindung (z.B.: einer Investitionsentscheidung) zu erhalten.⁹⁶ Die Kosten-Wirksamkeits-Analyse implementiert das Rationalprinzip. Sie gibt Antwort auf die Frage nach dem optimalen Verhältnis zwischen eingesetzten Mitteln (Kosten) und den erzielten Nutzen (Wirksamkeit). Jene Investition ist demnach ideal, die den kleinsten Wert des Quotienten der Kosten durch die Wirksamkeit aufweist.

Die Verarbeitung der nicht monetär quantifizierbaren Ziele erfolgt analog zur Nutzwertanalyse über die Erstellung einer Zielertragsmatrix, die in eine Zielwertmatrix transformiert wird und anschließend durch Wertsynthese der Zielwerte zu einem Nutzwert für jede Handlungsalternative aggregiert wird.

2.1.2 Der private Haushalt

Unter einem privaten Haushalt oder Privathaushalt versteht der Brockhaus eine „... zusammen wohnende und wirtschaftende Personengruppe, meist eine Familie (**Familien-H.**)“⁹⁷. Eine andere Definition beschreibt den Privathaushalt oder Haushalt als „... im öko-

⁹⁵ Vgl. (5), S. 322

⁹⁶ Vgl. (5), S. 323

⁹⁷ (17), S. 540, rechte Spalte

nomischen Sinne eine aus mindestens einer Person bestehende systemunabhängige Wirtschaftseinheit, die sich auf die Sicherung der Bedarfsdeckung ausrichtet“.⁹⁸

Die heutige Bedeutung des Haushalts ist das Ergebnis einer Entwicklung, die im 20. Jahrhundert stattgefunden hat. „Noch zu Beginn des 20. Jh. war der H. nicht nur Verbrauchs-, sondern auch Produktionsgemeinschaft.“⁹⁹ Erst später im vergangenen Jahrhundert wurden produktive, hauswirtschaftliche Aktivitäten in die Erwerbswirtschaft ausgelagert. Diese Entwicklung wurde begleitet von einer Verkleinerung der Haushalte sowie der Verstädterung der Gesellschaft. Diese Entwicklungen führten gleichzeitig zu einem Steigen der Abhängigkeit der Haushalte von der nun ausgelagerten Produktionswirtschaft.

In der auf heutige Verhältnisse bezogenen, betriebswirtschaftlichen Betrachtung grenzt Wöhe den Haushalt vom Betrieb deutlich ab, indem er feststellt: „Die privaten und öffentlichen Haushalte verfolgen andere Ziele als die Unternehmer. Zwar werden auch in Haushalten Leistungen erbracht, jedoch nicht, damit durch Absatz dieser Leistungen Gewinne erzielt werden, sondern damit durch Konsum dieser Leistungen der **Nutzen** aus der Verwendung eines außerhalb des Haushaltes (in der Regel als Arbeitnehmer in Produktionsbetrieben) verdienten Einkommens **maximiert** wird.“¹⁰⁰

Der Betrieb erzeugt Leistungen für *Dritte*, die er in Form von Sach- oder Dienstleistungen absetzt. Der Haushalt konsumiert neben den eigenen Leistungen auch die von Betrieben erzeugten Leistungen. Der Betrieb wird somit als *Produktionswirtschaft* und der Haushalt als *Konsumtionswirtschaft* klassifiziert.¹⁰¹ Dieser Klassifizierung folgend betreiben Betriebe *Fremdbedarfsdeckung* und Haushalte *Eigenbedarfsdeckung*. Beide Arten wirtschaftlicher Tätigkeit kommen sowohl unter privater als auch unter öffentlicher Trägerschaft vor, weshalb sich die in Tabelle 10 gezeigten vier Arten von Wirtschaftssubjekten unterscheiden lassen.

⁹⁸ (50), S. 1

⁹⁹ (17), S. 542, rechte Spalte

¹⁰⁰ (2), S. 3, zweiter Absatz

¹⁰¹ Vgl. (2), S. 36, letzter Absatz

Bedarfsdeckung	Fremdbedarfsdeckung (Betrieb)	Eigenbedarfsdeckung (Haushalt)
Trägerschaft		
Privat	Privater Betrieb	Privathaushalt
Öffentlich	Öffentlicher Betrieb	Öffentlicher Haushalt

Tabelle 10: Klassifizierung von Betrieben und Haushalten¹⁰²

Unterschiedliche wissenschaftliche Disziplinen setzen sich mit diesen vier Typen von Wirtschaftssubjekten auseinander. Öffentliche und private Betriebe werden von der *Betriebswirtschaftslehre*, öffentliche Haushalte in der *Verwaltungs-* und der *Finanzwissenschaft* und private Haushalte von der *Hauswirtschaftslehre* behandelt.¹⁰³

Objekt der Haushaltslehre¹⁰⁴ ist die Hauswirtschaft. „Diese betrachtet den H. nicht nur als eine dem Konsum dienende Institution im Wirtschaftskreislauf, sondern berücksichtigt die Tatsache, daß in den H. auch die Aufgaben Erwerb, Beschaffung, Produktion und Reproduktion v.a. in Form der Hausarbeit zu erfüllen sind. In diesem Zusammenhang bildete sich eine H.-Lehre mit konkreten Anleitungen für eine rationelle H.-Führung heraus.“¹⁰⁵

2.1.2.1 Die Nutzung des PKWs durch den Haushalt

Die Nutzung des PKWs durch den privaten Haushalt kann in nahezu allen haushaltsbezogenen Aufgaben notwendig sein. Der PKW im engeren Sinn ist dem Namen nach gedacht für den Transport von Personen. Mit diesen Eigenschaften eng verbunden und daher naheliegend kann der PKW zur Erfüllung der Erwerbsaufgabe für die Überwindung der Distanz zwischen Wohnort und Arbeitsplatz verwendet werden. Als Personenbeförderer kann der PKW auch zur Wahrnehmung der Reproduktionsaufgabe¹⁰⁶ verwendet werden, um den Haushaltsmitgliedern die Befriedigung der kulturellen Bedürfnisse zu ermög-

¹⁰² Vgl. (2), S. 37

¹⁰³ Vgl. (2), S. 37

¹⁰⁴ Als Synonym für **Haushaltslehre** werden in der Literatur auch die Begriffe **Hauswirtschaftslehre** und **Ökotrophologie** verwendet.

¹⁰⁵ (17), S. 542, rechte Spalte

¹⁰⁶ Im politisch ökonomischen Sinn ist im Haushalt unter Reproduktion „... die ständig neue Wiederherstellung der gesellschaftl. und individuellen Arbeitskraft durch den Verbrauch von Lebensmitteln Kleidung, Befriedigung kultureller Bedürfnisse“ zu verstehen.
(23), S. 306, linke Spalte

lichen. Zur Wahrnehmung der Beschaffungsaufgabe wird der PKW im weiteren Sinn auch als Transportmittel für Lebensmittel oder allgemein von Waren des täglichen Bedarfs eingesetzt werden. Dazu sind herkömmliche PKWs in begrenztem Umfang geeignet. In Form von Kombinationskraftwagen¹⁰⁷ ermöglichen PKWs auch den Transport größerer Mengen oder sperriger Güter um die Beschaffungsaufgabe zu erfüllen.

Die für die jeweiligen Aufgabengebiete relevanten Anforderungen an den PKW können höchst unterschiedlich sein. Muss ein PKW für mehrere Aufgaben verwendbar sein, erfordert die Wahl eines geeigneten Modells die Entscheidung in einem komplexen Zielsystem mit teilweise konkurrierenden Zielen.¹⁰⁸

2.1.2.2 Die Wahl von Fahrzeug-Klasse und Fahrzeug-Typ

Als *Fahrzeug-Klasse* wird eine abgrenzbare Menge von PKW-Typen und Modellen bezeichnet. Die Abgrenzung erfolgt durch gleiche oder vergleichbare technische, optische und/oder marktorientierte Eigenschaftsausprägungen. Fahrzeuge mit gleichen Eigenschaftsausprägungen konkurrieren miteinander auf dem Markt. Ein allgemein anerkanntes Schema zur Klassifizierung von Eigenschaftsausprägungen existiert nicht, es werden aber von verschiedenen Institutionen jeweils eigene Schemata verwendet. Dazu zählen das deutsche Kraftfahr Bundesamt¹⁰⁹ und auch die europäische Kommission¹¹⁰ untersucht ein Segmentierungsschema zur Klassifizierung von PKWs. Diese beiden Klassifizierungs-Modelle werden verwendet, um eine Aussage über die Marktsegmentierung treffen zu können.

Neben der *Fahrzeug-Klasse* werden auch *Fahrzeug-Typen* unterschieden. Diese beiden Kategorisierungs-Modelle sind nicht vollständig orthogonal. Sie weisen Überdeckungen auf. Während die Kategorisierung von Fahrzeugen nach der *Fahrzeug-Klasse* sowohl technische, optische und marktorientierte Eigenschaftsausprägungen heranzieht, werden für die Kategorisierung nach dem *Fahrzeug-Typ* zwar technische und daraus folgend auch optische aber weniger marktorientierte Eigenschaften herangezogen. Fahrzeugen

¹⁰⁷ In der Kurzform auch als *Kombi* bezeichnet.

¹⁰⁸ Um im Rahmen des Erwerbs den PKW für die Überwindung der Distanz zwischen Wohnort und Arbeitsplatz zu verwenden, muss i.d.R. eine Person transportiert werden können. Um im Rahmen der Reproduktion die kulturellen Bedürfnisse der Familie zu befriedigen, muss die Transportkapazität ausreichend groß sein, um alle Haushaltsmitglieder gleichzeitig befördern zu können.

¹⁰⁹ Das deutsche Kraftfahr Bundesamt unterscheidet die folgenden Klassen: **Minis, Kleinwagen, Kompaktklasse, Mittelklasse, Obere Mittelklasse, Oberklasse, Geländewagen, Sportwagen, Vans und Mini-Vans, Großraum-Vans, Utilities, Wohnmobile und Sonstige**. Diese Klassifizierung wird u.a. verwendet, um den Bestand an PKWs (vgl. (33)) wie auch die Neu-Zulassungen statistisch zu erheben. (vgl. (46)).

¹¹⁰ Die Europäische Kommission testet die Kategorisierung von Fahrzeugklassen nach folgendem Schema: **Kleinstwagen, Kleinwagen, Mittelklassewagen, Obere Mittelklasse, Oberklasse, Luxusklasse, Sportwagen, Mehrzweckfahrzeuge, Geländewagen** (einschließlich Fahrzeuge mit Allradantrieb) (vgl. (14), S. 82, RZ 196)

werden nach ihrem *Typ* in Hinblick auf die primäre Verwendung des Fahrzeuges kategorisiert. Die Kategorisierung nach ihrer *Klasse* berücksichtigt auch die Zielgruppe in monetärer Hinsicht aus Kategorisierungs-Kriterium. Zu diesen Kategorisierungs-Kriterien zählen der Preis sowie Ausstattungsmerkmale, über die die adressierte Käuferschicht direkter angesprochen wird. Deutlich wird dies beispielsweise an den Kategorie-Bezeichnungen *Mittelklasse*, *Oberklasse* und nicht zuletzt *Luxusklasse*, die nicht von technischen oder optischen Eigenschaften abgeleitet sind und somit unmittelbar auf eine Bauform schließen lassen, sondern auf die adressierte Käuferschicht.

Die Kategorisierung nach dem Fahrzeug-Typ, also nach der primären Verwendung des Fahrzeuges, wird beispielsweise in Neu- und Gebrauchtwagenbörsen¹¹¹ im Internet als Selektionskriterium bei der Suche nach Angeboten verwendet. Der Fahrzeug-Typ taucht dabei unter verschiedenen Bezeichnungen auf. So werden als Bezeichnungen für den Fahrzeug-Typ die Begriffe *Fahrzeugtyp*¹¹², *Karosserieform*¹¹³, *Aufbau*¹¹⁴ *Bauart*¹¹⁵ oder einfach *Typ*¹¹⁶ verwendet. Tabelle 11 zeigt eine Vereinigungsmenge aller Werte, die für die Auswahl des Fahrzeug-Typs angeboten werden. Sie ist nach der Häufigkeit des Vorkommens gereiht.

Wie Tabelle 11 erkennen lässt, kann aus der Kategorisierung nach dem Fahrzeug-Typ deutlichen Fokus auf die primäre Verwendung des Fahrzeuges geschlossen werden.

Fahrzeug-Typ	Nennungen
Cabrio	11
Coupé	11
Kombi	11
VAN	11
Geländewagen	10
Kleinbus	10
Limousine	10
Kleinwagen	9
Sonstige	8

¹¹¹ Eine Auswahl von Fahrzeugbörsen in Internet, die keinen Anspruch auf Vollständigkeit erhebt: <http://www.autoscout24.at/>, <http://www.gebrauchtwagen.at/>, <http://www.autonet.at/>, <http://www.automobile.at/>, <http://www.12gebrauchtwagen.de/>, <http://www.autoscout24.de/>, <http://www.gebrauchtwagen.de/>, <http://suchen.mobile.de/>, <http://www.automarkt.de/>, <http://www.auto.de/>, <http://www.1a-automarkt.de/>

¹¹² Bei <http://www.12gebrauchtwagen.de/>, <http://www.gebrauchtwagen.de/>, <http://suchen.mobile.de/>, <http://www.auto.de/>

¹¹³ Bei <http://www.automarkt.de/>, <http://www.autoscout24.at/>

¹¹⁴ Bei <http://www.automobile.at/>, <http://www.gebrauchtwagen.at/>

¹¹⁵ Bei <http://www.1a-automarkt.de/>

¹¹⁶ Bei <http://www.autonet.at/>

Fahrzeug-Typ	Nennungen
Roadster	7
Sportwagen	7
Transporter	7
Pickup	5
SUV	5
Kompakt	2
Wohnmobil	2
2/3-Türer	1
4/5-Türer	1

Tabelle 11: Häufigkeit der Verwendung von Fahrzeug-Typ Bezeichnungen¹¹⁷

Die nachfolgende Auflistung zeigt die Charakterisierung Fahrzeug-Typen.

Cabrio

Als Cabrio (auch Cabriolet oder Kabriolett) wird ein PKW mit offenem Aufbau, einem Dach, das sich zurückklappen lässt und versenkbaren Seitenfenstern bezeichnet.¹¹⁸

Coupé

Als Coupé wird ein PKW mit sportlicher Karosserie, zwei Türen und i.d.R. nur zwei vollwertigen Sitzen bezeichnet.¹¹⁹ Das im Vergleich zur Limousine verkürzte Dach wird häufig nur von zwei Säulenpaaren getragen.¹²⁰

Kombi

Als Kombi (auch Kombinationskraftwagen) bezeichnet man einen PKW mit besonders großem Ladevolumen. Damit kann er neben der Beförderung von Personen auch zur Beförderung von Nutzlasten verwendet werden.

¹¹⁷ Die Erhebung der Daten erfolgte am 2.9.2012. Dabei wurden die nachfolgenden Fahrzeugbörsen herangezogen:

<http://www.autoscout24.at/>, <http://www.gebrauchtwagen.at/>, <http://www.autonet.at/>, <http://www.automobile.at/>, <http://www.12gebrauchtwagen.de/>, <http://www.autoscout24.de/>, <http://www.gebrauchtwagen.de/>, <http://suchen.mobile.de/>, <http://www.automarkt.de/>, <http://www.auto.de/>, <http://www.1a-automarkt.de/>

Diese Auswahl ist willkürlich getroffen und erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Die Erhebung soll einen Eindruck vermitteln, welche Bezeichnungen für Fahrzeug-Typen geläufig sind. Für die Auswertung wurden die folgenden Begriffe zusammengefasst, weil der Autor sie als Synonym interpretiert hat:

Geländewagen = { *Geländewagen* | *Offroad* }

Kleinbus = { *Kleinbus* | *Bus* }

Transporter = { *Kleintransporter* | *Transporter* | *Lieferwagen* }

Cabrio = { *Cabrio* | *Cabriolet* }

¹¹⁸ Vgl. (25), S. 313, rechte Spalte

¹¹⁹ Vgl. (20), S. 12 f.

¹²⁰ Vgl.

VAN	Als Van wird ein PKW bezeichnet, der mit 5, häufig mehr, manchmal bis zu 9 Sitzen ausgestattet ist. Durch ein variables Sitzkonzept und die höhere Bauform kann er, wie der Kombi, sowohl zur Beförderung von Personen wie auch von Nutzlasten verwendet werden. Im Vergleich zum Kombi weisen Vans eine höhere Variabilität und Beförderungskapazität auf.
Geländewagen	Als Geländewagen (auch Off-Roader) wird ein PKW bezeichnet, der auch abseits befestigter Straße verwendet werden kann. Geländewagen verfügen dazu i.d.R. über Allradantrieb und haben eine höhere Bodenfreiheit.
Kleinbus	Als Kleinbus wird ein PKW bezeichnet, der für die Beförderung von bis zu 9 Personen verwendet wird. Häufig wird der Kleinbus von einem Kleintransporter desselben Herstellers abgeleitet und weist höchste Ähnlichkeiten in der Bauform auf. Der Kleinbus hat drei Sitzreihen und Seitenfenster in jeder Sitzreihe. Der Kleinbus ist größer als der Van, sowohl in der Höhe, als auch in Breite und Länge.
Limousine	Als Limousine wird ein PKW mit geschlossener Bauform, einem festen Dach, das i.d.R. von drei Säulenpaaren getragen wird und zwei Sitzreihen bezeichnet. Die Limousine bietet 4 bis 6 Personen Platz und weist meist 4, selten nur zwei Türen auf.
Kleinwagen	Als Kleinwagen wird ein PKW bezeichnet, der in der Fahrzeugklasse zwischen Kleinstwagen und Kompaktwagen angesiedelt ist. Kleinwagen ist auch eine Kategorie in der Fahrzeug-Klasse. Da Kleinwagen eine charakteristische Bauform aufweisen, gibt es diese Kategorie auch als Fahrzeug-Typ. Charakteristisch für diesen Fahrzeug-Typ ist der quer eingebaute Frontmotor, Frontantrieb und Steil- bzw. Schrägheck. Gegenüber dem Fahrzeug-Typ Limousine mit Stufenheck weisen Kleinwagen einen kürzeren Kofferraum auf. ¹²¹

¹²¹ Vgl. (44)

Kompakt

Als Kompaktfahrzeug wird ein PKW bezeichnet, der über ein Schrägheck mit Heckklappe verfügt sowie über einem quer zur Fahrtrichtung eingebauten Frontmotor mit Vorderradantrieb. Die Bauform weist eine hohe Ähnlichkeit mit dem Kleinwagen auf. Wesentlich unterscheidet sich der Kompaktwagen vom Kleinwagen hauptsächlich in der Fahrzeuglänge.¹²²

Roadster

Als Roadster wird ein PKW mit offener Karosserieform und optionalen Überrollbügeln bezeichnet.¹²³ Roadster verfügen über kein festes Dach oder Verdeck, können zur Not aber mit einfachen Hilfsmitteln geschlossen werden. Sie dienen vorwiegend dem Fahrspaß, Komfort tritt zu Gunsten eines niedrigen Gewichts in den Hintergrund.

Sportwagen

Als Sportwagen wird ein PKW mit meist zwei Sitzen und verhältnismäßig niedriger Bauhöhe bezeichnet. Fahrleistung und gutes

¹²² Da sich Kleinwagen von Kompaktfahrzeugen in erster Linie in der physischen Größe unterscheiden zeigt die nachfolgenden Aufstellung die Unterscheidung zwischen Kleinwagen und Kompakt am Beispiel konkreter Modelle ausgewählter europäischer Hersteller.

Hersteller	Kleinwagen	Kompakt
Alfa Romeo	MiTo	Giulietta
Audi	A1	A3
BMW	Mini	1er
Citroén	C3, DS3	C4, DS4
Dacia	Sandero	Logan
Fiat	Punto	Bravo
Ford	Fiesta	Focus
Lancia	Ypsilon	Delta
Mercedes	-	A-Klasse
Opel	Corsa	Astra
Peugeot	107, 206+	208, 308
Renault	Clio	Megané
Seat	Ibiza	Leon
Skoda	Fabia	-
Volvo	-	C30, V40
VW	Polo	Golf

¹²³ Vgl. DIN 70010

Handling stehen bei der Konstruktion des Fahrzeuges im Vordergrund. Niedriges Leistungsgewicht, leistungsfähige Bremsanlage, straffe Auslegung des Fahrwerkes charakterisieren einen Sportwagen. Komfort und Alltagstauglichkeit sind von untergeordneter Bedeutung.¹²⁴

Transporter

Als Kleintransporter wird ein Kraftfahrzeug bezeichnet, das in erster Linie zur Beförderung von Nutzlasten verwendet wird. Sie dürfen i.d.R. mit derselben Lenkerberechtigung gelenkt werden, wie PKWs, zählen aber nicht zu den PKWs. Transporter eines Herstellers haben häufig die gleiche Bauform wie der i.d.R. namensgleiche Kleinbus, haben jedoch nur eine Sitzreihe. Seitenfenster sind nur in dieser ersten Sitzreihe vorhanden.

Pickup

Als Pickup wird ein PKW bezeichnet, der über eine ebene, offene Ladefläche (Pritsche) hinter der Personenkabine verfügt. Pickups basierend auf SUVs oder Geländewagen¹²⁵ sind in Nordamerika verbreitet, während Pickups basierend auf Fahrzeugen, die es auch als Kombis gab¹²⁶ in Europa Verbreitung fanden.

SUV

Als SUV¹²⁷ wird ein PKW bezeichnet, der neben einem mit einer Limousine vergleichbaren Komfort auch eine erhöhte Geländetauglichkeit aufweisen kann. Das äußere Erscheinungsbild erinnert an das eines Geländewagens. Die mit dem optischen Erscheinungsbild vermittelte Geländetauglichkeit ist bei einzelnen Modellen unterschiedlich stark ausgeprägt. Manchen Modellen fehlt gar der Allradantrieb, was sie nur zur die Nutzung auf befestigten Straßen tauglich macht.

Wohnmobil

Als Wohnmobil wird ein Kraftfahrzeug bezeichnet, das mit einer zum Wohnen geeigneten Inneneinrichtung ausgestattet ist. Häufig

¹²⁴ Vgl. (56)

¹²⁵ Z.B.: Cadillac Escalade EXT, Dodge Ram, Ford Ranger, Toyota Landcruiser, Toyota Hilux

¹²⁶ Z.B.: Skoda Felicia, VW Caddy, Skoda Favorit, Dacia Pick-Up, Dacia Logan Pickup, Fiat Strada

¹²⁷ Abkürzung für Sports Utility Vehicle

sind Wohnmobile auf der Basis eines Transporters desselben Herstellers aufgebaut. Wohnmobile können sowohl auf Basis eines PKW als auch auf Basis eines LKW gebaut sein. Sie werden überwiegend in der Freizeit oder im Urlaub verwendet. Wohnmobile können auch als Campingbus oder Reisemobil bezeichnet werden.

2.1.3 Aktuelle Antriebskonzepte für PKWs

Ein *Kraftwagen* ist ein „... nach Verwendungszweck unterschiedlich konstruiertes, mehrspuriges *Kraftfahrzeug* ...“¹²⁸. Als *Kraftfahrzeug* wird ein „... maschinell angetriebenes selbstfahrendes, gleisfreies Landfahrzeug ...“¹²⁹ bezeichnet. Die Spurführung des Kraftfahrzeuges auf befestigtem wie auch auf unbefestigtem Untergrund wird nur über Reibung¹³⁰ erreicht. Als PKW wird ein Kraftwagen „... zur Beförderung von Personen ...“¹³¹ bezeichnet.

Der für den *maschinellen* Antrieb des Kraftfahrzeuges erforderliche Motor mit allen zu seinem Betrieb erforderlichen Einrichtungen sowie allen Teilen zur Kraftübertragung wird als *Triebwerk* bezeichnet¹³². In PKWs heutiger Bauart werden grundsätzlich zwei Arten von Motoren eingesetzt¹³³ – der Verbrennungsmotor und der Elektromotor. Mit diesen beiden Motor-Typen werden unterschiedliche Systeme für den Betrieb des Motors sowie zur Übertragung der vom Motor gelieferten kinetischen Energie auf die Räder des PKWs kombiniert.

¹²⁸ (24), S. 426, rechte Spalte

¹²⁹ (24), S. 418, rechte Spalte

¹³⁰ Haftreibung ist die häufigste wirkende Reibungsform für die Spurführung von Kraftfahrzeugen. Haftreibung wirkt im Fahrbetrieb in gewöhnlichen Betriebszuständen bei Beschleunigungen aller Art (Beschleunigung, Verzögerung in Fahrtrichtung sowie Beschleunigung quer zur Fahrtrichtung, also Kurvenfahrt). In außergewöhnlichen Betriebszuständen wirkt im Fahrbetrieb die Gleitreibung zur Spurführung (z.B. Kavallerstart mit durchdrehenden Rädern, Vollbremsung mit blockierenden Rädern, Kurvendrift). Diese außergewöhnlichen Betriebszustände werden i.d.R. nur von *Fahrexperthen* beherrscht. Der durchschnittliche Fahrer ist in solchen außergewöhnlichen Betriebszuständen meist überfordert. Moderne Fahrzeugtechnik versucht den Übergang zu diesen außergewöhnlichen Betriebszuständen durch diverse Assistenz- und Sicherheitssysteme zu verhindern. ASR zur Verhinderung durchdrehender Räder bei Beschleunigung. ABS zur Verhinderung blockierender Räder beim Bremsen; ESP zur Verhinderung des Übergangs in die Gleitreibung während der Kurvenfahrt.

¹³¹ (24), S. 426, rechte Spalte

¹³² Vgl. (24), S. 426, rechte Spalte

¹³³ Zwar existieren auch andere Motoren-Typen, die aus anderen Energieformen kinetische Energie erzeugen. Dazu zählen u.a. die Dampfmaschine und die Gasturbine. Beide Motoren-Typen werden in Serien-PKWs jedoch nicht eingesetzt.

2.1.3.1 Umwandlung der Primärenergie in kinetische Energie

Kraftfahrzeuge als *selbstfahrende, gleisungebundene* Landfahrzeuge sind gezwungen, die Energie, die über den Motor und die Kraftübertragungseinrichtungen letztendlich in kinetische Energie umgewandelt wird, auf der Fahrt mit sich zu führen. Dazu sind geeignete Energieformen und dazu passende Energiespeicher nötig. Der von Verbrennungsmotoren benötigte Kraftstoff wird in meist flüssiger Form im Tank des Kraftfahrzeugs gespeichert. Elektrische Energie, um Elektromotoren anzutreiben wird entweder in Akkumulatoren gespeichert oder aus anderen Energieformen während des Betriebs unmittelbar zur Verwendung erzeugt.

Um die in modernen PKWs verbauten Antriebe hinsichtlich Energieeffizienz (Wirkungsgrad), Kosten pro Energieeinheit und Schadstoffzeugung vergleichen zu können, wird die gesamte Wirkkette von der Gewinnung der Primärenergie über die Speicherung der mitgeführten Energie im Fahrzeug bis zur Umwandlung in kinetische Energie betrachtet.

Die gesamte Wirkkette wird dabei in zwei Teilsegmente gegliedert, um den Bereich der *Energiebereitstellung* getrennt von der *Energieverwendung* betrachten zu können¹³⁴. Während die Energieverwendung von Autobauern beeinflusst werden kann, liegt die Energiebereitstellung außerhalb der Beeinflussbarkeit der Autobauer. Ein gesamtheitlicher Vergleich zwischen unterschiedlichen Antriebskonzepten schließt das Segment der Energiebereitstellung mit ein.

2.1.3.1.1 Von der Primärenergiequelle bis zur Speicherung im Tank (Well-to-Tank)

Der erste Teil der Wirkkette wird als Well-to-Tank bezeichnet. Sie reicht von der bis zur Energiebereitstellung am Fahrzeug. Der Fahrzeugwirkungsgrad ist in diesem Teil der Wirkkette nicht enthalten. Dieser Teil der Wirkkette ist von Fahrzeughersteller nicht beeinflussbar und wird daher auch nicht in den Verbrauchs- und Schadstoffangaben der Hersteller berücksichtigt.

Verbrennungsmotoren moderner PKWs verbrennen mit Diesel, Benzin oder verflüssigtem Petroleumgas Kraftstoffe aus fossilen Energieträgern und mit Biodiesel einen Kraftstoff mit pflanzlichem Ursprung.¹³⁵ Die Energiebereitstellung von Kraftstoffen aus fossilen Energieträgern umfasst die Primärenergieförderung (Erdöl und Erdgas), den Transport der Primärenergie, die Raffinierung und den Transport der Kraftstoffe zu den Tankstellen.

¹³⁴ Vgl. (60)

¹³⁵ Neben den genannten Energieformen für Verbrennungsmaschinen gibt es eine Reihe weiterer Kraftstoffe, denen aufgrund fehlender flächendeckender Verfügbarkeit für den Regelbetrieb keine Bedeutung zukommen.

Für die Produktion von Biodiesel ist der Pflanzenanbau, die Ernte, die Ölgewinnung, die Umesterung¹³⁶ und der Transport des Biodiesels zu den Tankstellen zu berücksichtigen.

Die für den Antrieb von Elektromotoren benötigte elektrische Energie kann entweder im Fahrzeug in Akkumulatoren mitgeführt werden, oder unmittelbar vor dem Verbrauch aus anderen Energieformen erzeugt werden. Für die unmittelbare Erzeugung elektrischer Energie werden in Serienfahrzeugen fossile Kraftstoffe verwendet. Für diese gilt dieselbe Wirkkette wie im vorigen Absatz beschrieben. Elektrische Energie, die in Akkumulatoren gespeichert wird, wird i.d.R. aus dem bereits vorhandenen Stromnetz bezogen. Die Well-to-Tank Wirkkette umfasst dabei die Umwandlung unterschiedlicher Primärenergieformen über mechanische Turbinen-Generator-Verbunde, Solarzellen (Photovoltaik) oder Brennstoffzellen in elektrische Energie, die Umwandlung und den Transport elektrischer Energie über die Stromnetze bis zur Bereitstellung an Ladestationen. Bei mechanischen Turbinen-Generator-Verbunden werden Dampfturbinen, Gasturbinen, Wasserturbinen, Windturbinen eingesetzt. In Kraft-Wärme-Kopplungs Anlagen, die sowohl zur Gewinnung elektrischer als auch von thermischer Energie in Form von Blockheizkraftwerken eingesetzt werden, können in Verbrennungsmotoren auch fossile (Heizöl oder Erdgas) oder regenerative (Palmöl, Biodiesel, Biogas, etc.) Kraftstoffe verbrannt werden, um einen Generator anzutreiben. Die gleichzeitige Gewinnung von thermischer und elektrischer Energie ist mit dem durch diese Kombination erzielbaren höheren Wirkungsgrad zu erklären.

2.1.3.1.2 Der Energiefluss vom Tank bis zur Bewegung (Tank-to-Wheel)

Der zweite Teil der gesamten Wirkkette betrachtet die Umwandlung der im Fahrzeug mitgeführten Energie in kinetische Energie – also dem bewegten Fahrzeug. Dabei sind die Effizienz der Speicherung der Energie und die Effizienz der Umwandlung in Bewegungsenergie von Bedeutung. Diese beiden Eigenschaften werden unmittelbar vom Fahrzeugbauer durch die Wahl der Antriebsart beeinflusst.

In handelsüblichen Serienfahrzeugen werden heute zwei grundsätzlich unterschiedliche Aggregat-Typen für die Umwandlung der mitgeführten Energie in kinetische Energie eingesetzt – der Verbrennungsmotor und der Elektromotor. Aufbauend auf diesen beiden grundlegenden Aggregat-Typen können auch Kombinationen aus beiden Aggregat-Typen in Antriebskonzepten von Serienfahrzeugen gefunden werden.

2.1.3.2 Der PKW mit Verbrennungsmotor

Das Triebwerk¹³⁷ eines PKWs mit Verbrennungsmotor schließt die Einrichtungen für die Kraftübertragung mit ein. Heutige Serienfahrzeuge sind immer mit nur *einem* Motor aus-

¹³⁶ Umesterung mit nachfolgender Separation ist notwendig, um die schwer brennbaren Bestandteile natürlicher Pflanzenöle zu separieren und damit für die Verwendung in herkömmlichen Verbrennungsmotoren brauchbar zu machen.

gestattet.¹³⁸ Die Position des Motors im Fahrzeug kann zwischen drei grundlegenden Positionen variieren. Als Frontmotor wird die Einbauposition des Motors in der Nähe der Vorderachse bezeichnet. Als Heckmotor wird bezeichnet, wenn der Motor in der Nähe der Hinterachse eingebaut ist. Liegt die Position des Motors zwischen den beiden Achsen, wird dies als Mittelmotor bezeichnet.

Neben der Einbauposition des Motors variieren bei heutigen Serienfahrzeugen auch die angetriebenen Räder. So findet man vorderradgetriebene, hinterradgetriebene oder allradgetriebene Fahrzeuge. Bei allradgetriebenen Fahrzeugen unterscheidet man wiederum den permanenten und den zuschaltbaren Allradantrieb.

Die Motorposition und die angetriebenen Räder werden zu einer Antriebsart kombiniert. Die Kombination aus Frontmotor und Vorderradantrieb wird, wie Abbildung 6 zeigt, als Frontantrieb bezeichnet.

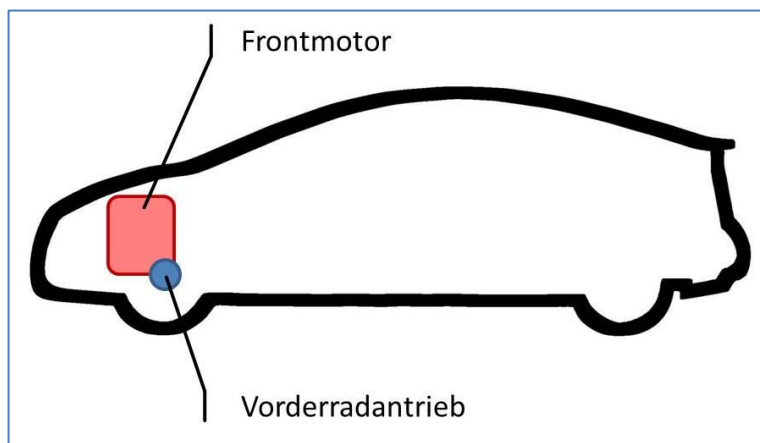


Abbildung 6: Frontantrieb

Der Frontantrieb ist in Fahrzeugen mit kompakter Bauweise zu finden. Der Frontantrieb zeichnet sich durch platzsparende Bauweise aus. Motor, Getriebe, Differenzial und Antriebsachsen können auf kleinstem Raum optimal verbaut werden.

¹³⁷ Die Einheit bestehend aus Motor und den Einrichtungen zur Kraftübertragung wird in der Kraftfahrzeugtechnik auch als Antriebsstrang bezeichnet.

¹³⁸ Fahrzeuge mit zwei Motoren wurden als Experimentalfahrzeuge in niedrigen Stückzahlen produziert – vgl. (31), Abschnitt: Mehrere Antriebe

Die MTM – Motoren Technik Meyer GmbH, ein Fahrzeug-Tuning Unternehmen mit Sitz in Wettstetten / Bayern hat 2003 auf der Basis eines Audi TT den Bimoto gebaut. Je ein Motor mit 375kW vorne und hinten trieben die Vorder- bzw. die Hinterachse an. Dieses Fahrzeug wird nicht in Serie produziert - Vgl. (45).

Wird der Heckmotor mit dem Hinterradantrieb kombiniert, wird dies, wie Abbildung 7 zeigt, als Heckantrieb bezeichnet. Diese Antriebsart ist häufig in Sportwagen vorzufinden. Auch in Kleinstwagen¹³⁹ kann diese Kombination gefunden werden.

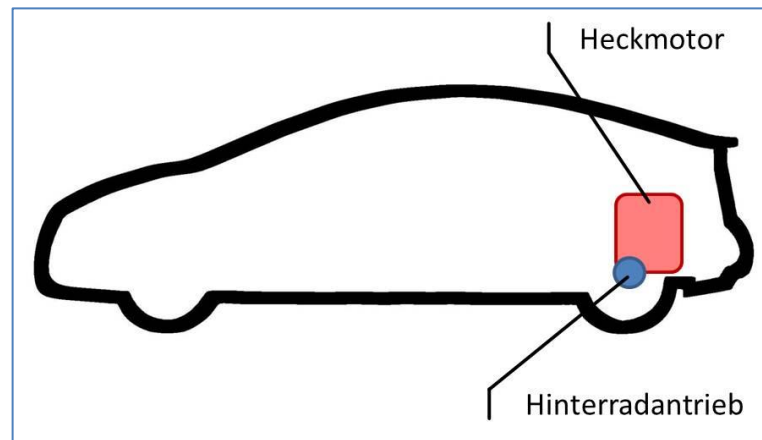


Abbildung 7: Heckantrieb

In Sportwagen wird diese Antriebsart deshalb gerne verwendet, weil die Achslast auf der Hinterachse umso höher ist, je höher die Beschleunigung des Fahrzeuges ist. Je höher die Achslast auf der angetriebenen Achse, desto besser ist die Kraftübertragung über die Räder auf den Untergrund. Dieses Kriterium ist für Sportwagen von signifikanter Bedeutung.

Die Kombination aus Frontmotor und angetriebenen Hinterrädern wird, wie Abbildung 8 zeigt, als Hinterradantrieb mit Frontmotor bezeichnet.

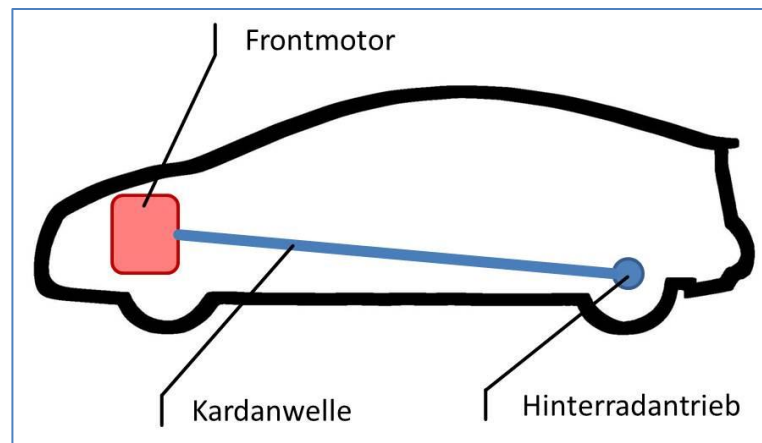


Abbildung 8: Hinterradantrieb mit Frontmotor

Diese Antriebsform findet man üblicherweise in gehobenen Fahrzeugklassen (Mittelklasse, Oberklasse oder Luxusklasse).

¹³⁹ Beispielsweise im Smart for Two oder im Citroen C-Zero.

Der Allradantrieb in Fahrzeugen heutiger Bauformen wird, wie in gezeigt, i.d.R. mit einem Frontmotor kombiniert.

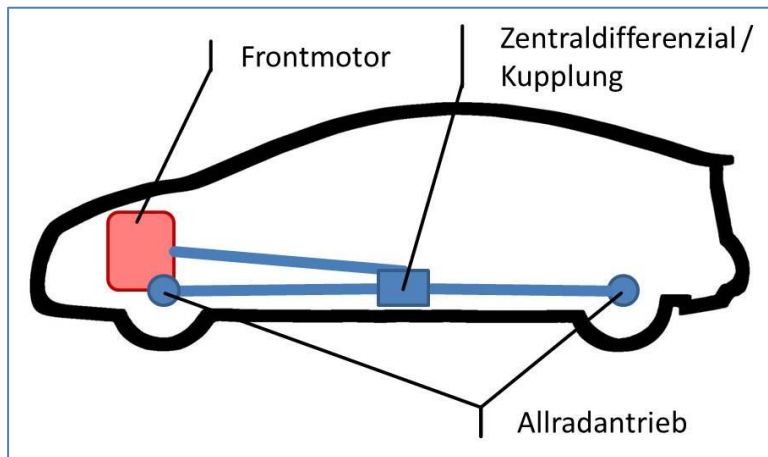


Abbildung 9: Allradantrieb mit Frontmotor

Die Kombination des Allradantriebes mit Mittel- oder Heckmotor ist zwar von einzelnen Herstellern angeboten, spielt im Vergleich mit dem Allradantrieb mit Frontmotor jedoch nur eine untergeordnete Rolle.

Aus der Kombination der Einbauposition des Motors und den angetriebenen Rädern ergeben sich verschiedene Antriebsstränge. Einfache Formen von Antriebssträngen bestehen aus dem Motor, einem Schwungrad, das auch als Zweimassenschwungrad ausgeführt sein kann, um torsionale Schwingungen zu dämpfen, einer Kupplung, um den Antriebsstrang unterbrechen zu können, dem Getriebe (manuelles Schaltgetriebe oder Automatikgetriebe), dem Differenzial und Antriebswellen. Die Antriebswellen sind mit dem Rad verbunden, das die vom Motor über den Antriebsstrang bereitgestellte Energie auf den Untergrund überträgt. Um länger Distanzen zwischen der Motorposition und den angetriebenen Rädern zu überbrücken werden bei einzelnen Antriebsarten Kardanwellen eingesetzt. Allradantriebe verfügen zusätzlich über ein Zentraldifferenzial, um das Drehmoment des Motors auf die beiden angetriebenen Achsen zu verteilen, oder über eine Kupplung (Klauenkupplung oder Viskosekupplung), um den Antrieb der zweiten Achse zu- und wegschalten zu können oder über beides.

Der Frontantrieb, wie in Abbildung 6 schematisch dargestellt ist in Klein- und Kompaktwagen und auch in VANs zu finden. Seine kompakte Bauweise und die daraus resultierenden niedrigen Herstellkosten haben für eine weite Verbreitung dieser Antriebsart gesorgt. In Limousinen und Kombis können sowohl Frontantrieb als auch Hinterradantrieb mit Frontmotor, wie in Abbildung 8 schematisch dargestellt, angetroffen werden. Heckantriebe (siehe Abbildung 7) und Mittelmotorantriebe sind häufig in Sportautos anzutreffen, während der Allradantrieb (siehe Abbildung 9) bei Allradfahrzeugen aber auch bei Limousinen und Kombis angetroffen werden kann.

2.1.3.3 Der PKW mit reinem Elektroantrieb

Ein Elektrofahrzeug ist ein „... durch Elektromotoren angetriebenes Kraftfahrzeug. Die benötigte elektr. Energie wird entweder einer Oberleitung (bei Oberleitungsbussen) oder einer mitgeführten Akkumulatorenbatterie entnommen oder von einem mitgeführten, durch einen Verbrennungsmotor angetriebenen Generator, neuerdings auch durch direkte Umwandlung von chem. Energie in einer Brennstoffzelle oder von Sonnenenergie in Solarzellen ... erzeugt.“¹⁴⁰.

PKWs mit *reinem* Elektroantrieb produzieren während des Betriebs keine schädlichen Emissionen. Wegen dieser Eigenschaft werden sie zur Klasse der Zero Emission Vehicle (ZEV) gezählt¹⁴¹ - konkret als ZEV mit elektrischem Antrieb.

Elektromotoren weisen im Vergleich zu Verbrennungsmotoren einen weitaus breiteren Drehzahlbereich auf, im dem sie ihre Nennleistung bereitstellen. Dadurch entfällt die Notwendigkeit eines Schalt- oder Automatikgetriebes sowie der Kupplung zur Unterbrechung des Antriebsstranges für die Durchführung von Schaltmanövern.¹⁴² Der Antriebsstrang eines Elektroautos besteht somit aus wesentlich weniger Elementen als jener eines Verbrennungsmotors. Und auch der Elektromotor selbst weist bei vergleichbarer Nennleistung ein niedrigeres Gewicht auf als ein Verbrennungsmotor. Zudem weist ein Elektromotor wesentlich weniger bewegliche Teile auf, als ein Verbrennungsmotor. Der Elektromotor ist meist luftgekühlt und nur selten wassergekühlt. Viele Aggregate, die um den Verbrennungsmotor herum notwendig sind, entfallen beim Elektroantrieb. Beispielhaft seien dafür genannt die Lichtmaschine, der Startermotor, Öl- und Luftfilter, Öl-, Kraftstoff-, Servo- und Wasserpumpen und Kühlerventilator.

Insgesamt kann der Antrieb eines Elektroautos als mechanisch wesentlich einfacher bezeichnet werden, als jener eines Kfz mit Verbrennungsmotor. Diese *Einfachheit* wirkt sich konkret in niedrigerem Gewicht, geringerem Verschleiß, einfacherer Wartbarkeit und geringerem Wartungsaufwand aus.

Die Gewichtsersparnis des einfacheren Antriebs des Elektrofahrzeuges wird durch das höhere Gewicht des Energiespeichers kompensiert oder sogar überkompensiert. Wie Tabelle 12 zeigt, weist der Elektroantrieb einen deutlich höheren Wirkungsgrad (Tank-to-Wheel) auf, jedoch ist die Energiedichte des Energiespeichers für elektrische Energie deutlich niedriger als die Energiedichte von Kraftstoffen für Verbrennungsmotoren¹⁴³.

¹⁴⁰ (19), S. 275, linke Spalte

¹⁴¹ Vgl. (62)

¹⁴² Vgl. (36), Absatz: Antrieb inklusive Steuerungs- und Regelungselektronik

¹⁴³ Vgl. (36), Absatz: Energiespeicher

Kraftstoff	Antriebs-komponente	Energiedichte $\left[\frac{kWh}{kg}\right]$	Mittlerer Wirkungsgrad [%]
Strom aus Bleiakku	Elektromotor mit Nutzbremse	0,03	bis 97
Strom aus Lithium-Ionen-Akku	Elektromotor mit Nutzbremse	0,13	bis 97
Dieselmotorkraftstoff	Dieselmotor mit Getriebe	11,8	~ 23,5
Superbenzin	Ottomotor mit Getriebe	12,0	~ 14

Tabelle 12: Energiedichte in Energiespeichern und Wirkungsgrade von Antriebssystemen¹⁴⁴

Im Vergleich zu Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor weisen Elektrofahrzeuge die folgenden wesentlichen Unterschiede auf¹⁴⁵.

- Durch kleinere Lufteinlässe kann bestehen größere Freiräume in der Konstruktion der Frontpartie. Diese Flexibilität kann zur Erreichung aerodynamischerer Frontpartien genutzt werden.
- Durch die kleinere Bauform des Elektroantriebes steht größerer konstruktiver Freiraum für die Gestaltung eines Crash-freundlichen Vorderwagens zur Verfügung.
- Das hohe Gewicht des Energiespeichers (Akku) kann zur Senkung des Schwerpunktes verwendet werden.
- Eine Kardanwelle oder ein Getriebetunnel im Unterboden des Fahrzeuges ist nicht notwendig.
- Für die Beheizung des Fahrzeuges steht keine Abwärme des Verbrennungsmotors zur Verfügung. Wärme muss aus elektrischer Energie erzeugt werden, was die Reichweite des Fahrbetriebes reduziert. Um das Wärmemanagement des Fahrzeuges zu beherrschen, ist zusätzlicher konstruktiver Aufwand für die thermische Isolierung des Fahrzeuges erforderlich.
- Betriebs- und Assistenzsysteme können elektrifiziert werden und dadurch auch automatisiert werden, was eine Steigerung deren Reaktionszeiten im Vergleich zu teilmechanischen / hydraulischen Lösungen erwarten lässt.

Im Vergleich zu Antrieben mit Verbrennungsmotor können Elektrofahrzeuge durch einen aber auch durch mehrere Elektromotoren angetrieben werden. Diese Option eröffnet weitere Flexibilität in konstruktiver Hinsicht. Als Beispiel dafür sei der Radnabenmotor zu

¹⁴⁴ (36), Absatz: Energiespeicher

¹⁴⁵ Vgl. (36), Absatz: Fahrzeugtechnik

nennen. Dieser würde eine weitere, deutliche Vereinfachung des Antriebsstranges zur Folge haben. Als Nachteil dieser Konstruktions-Variante werden die Erhöhung ungefederter Massen sowie die potenziell höheren im Rad wirkenden Kräfte beim Bremsen und Beschleunigen ins Treffen geführt¹⁴⁶.

2.1.3.4 Der PKW mit Hybridantrieb

Als *Hybridkraftfahrzeug* bezeichnet das Europäische Parlament „... ein Fahrzeug mit mindestens zwei verschiedenen Energiewandlern und zwei verschiedenen Energiespeichersystemen (im Fahrzeug) zum Zwecke des Fahrzeugantriebs“¹⁴⁷.

Als *Hybridelektrofahrzeug* bezeichnet das Europäische Parlament „...ein Hybridfahrzeug, das zum Zwecke des mechanischen Antriebs aus folgenden Quellen im Fahrzeug gespeicherte Energie/Leistung bezieht

- Einem Betriebskraftstoff
- Einer Speichereinrichtung für elektrische Energie / Leistung (z.B.: Batterie, Kondensator, Schwungrad / Generator usw.)“

„Der Hybridantrieb wird im Serienautomobilbau eingesetzt, um die Effizienz zu verbessern, den fossilen Kraftstoffverbrauch zu verringern und die Leistung im niedrigen Drehzahlbereich zu steigern.“¹⁴⁸

Im Serienautomobilbau werden als Energiespeicher für die elektrische Energie überwiegend Akkumulatoren eingesetzt.¹⁴⁹ „Werden Akkumulatoren nur über den eingebauten Generator geladen, wird der Hybrid auch als autark bezeichnet, werden die Akkus vor dem Start auch am Elektroversorgungsnetz geladen, nennt man ihn Plug-In-Hybrid.“¹⁵⁰

In der Literatur werden Hybridantriebe nach ihrer Systemstruktur in Serieller-Hybrid, Paralleler-Hybrid und Misch-Hybrid (Leistungsverzweigender Hybrid und Kombiniertes Hybrid) unterschieden.^{151 152}

¹⁴⁶ Vgl. (51), Abschnitt: Eigenschaften

¹⁴⁷ (53), Artikel 3, Punkt 14

¹⁴⁸ (37)

¹⁴⁹ Auch in der Formel 1 werden seit der Saison 2009 Hybrid-Antriebe eingesetzt. Das *Kinetic Energy Recovery System* (KERS) wandelt Bremsenergie in eine andere Energieform um, die bei Bedarf wieder in Bewegungsenergie umgewandelt werden kann. Williams-F1 hat ein KERS mit einem Schwungrad als Energiespeicher entwickelt, das in Rennen jedoch nie zum Einsatz gekommen ist. Heute setzen alle Teams der Formel 1 elektrische KERS ein.

¹⁵⁰ (37)

¹⁵¹ Vgl. (37), Abschnitt: Kategorisierung der Hybridantriebs-Konzepte

Beim seriell angeordneten Hybridantrieb hat der Verbrennungsmotor keine mechanische Verbindung zu den angetriebenen Rädern des Fahrzeuges. Der Verbrennungsmotor treibt einen elektrischen Generator, der sowohl den Elektromotor mit der für den Antrieb notwendigen Energie versorgt bzw. den Akkumulator lädt.¹⁵³ In dieser Systemstruktur sind beispielsweise der **Fisker Karma**¹⁵⁴ oder der **Opel Flextreame CT/E Concept**¹⁵⁵ gebaut.

Beim parallel angeordneten Hybridantrieb wirken in mindestens einem Betriebszustand der Verbrennungsmotor gemeinsam mit einem oder mehreren Elektromotoren auf die angetriebenen Räder.¹⁵⁶ Diese Konstellation ermöglicht eine schwächere Auslegung sowohl des Verbrennungs- als auch des Elektromotors. Die maximale Leistung steht in jenem Betriebszustand bereit, in dem alle Motoren gemeinsam auf die angetriebenen Räder wirken. In dieser Systemstruktur sind beispielsweise von Honda der CR-Z Hybrid¹⁵⁷ sowie der Insight Hybrid¹⁵⁸ gebaut.

Misch-Hybride kombinieren die Eigenschaften des *Seriellen Hybrids* mit denen des *Parallelen Hybrids*. Je nach Betriebszustand des Fahrzeuges werden die Vorzüge des *Seriellen Hybrid* oder die Vorteile des *Parallelen Hybrid* genutzt.

Beim *Kombinierten Hybrid* wird lediglich mittels einer Kupplung zwischen den beiden Betriebsarten (parallel oder seriell) umgeschaltet. Als Beispiele für diese Systemstruktur seien genannt der *Opel Ampera* bzw. *Chevrolet Volt*¹⁵⁹.

Der *Leistungsverzweigende Hybridantrieb* verwendet einen Teil der vom Verbrennungsmotor bereitgestellten Energie über ein mechanisches Getriebe zum Antrieb der Räder, einen anderen Teil der Energie wird wie beim seriellen Hybridantrieb über eine Motor-Generator-Kombination auf die Räder übertragen. Die Aufteilung der Energie des Verbrennungsmotors erfolgt über ein Planetengetriebe. Als Beispiel für diese Systemstruktur sei *Toyota Prius* genannt.

Als Plug-In-Hybrid werden Hybridelektro kraftfahrzeuge bezeichnet, deren Akkumulator vor der Fahrt auch über das Elektroversorgungsnetz geladen werden kann. Plug-In-Hybride

¹⁵² Vgl. (63), S. 3

¹⁵³ Vgl. (37), Abschnitt: Serieller Hybrid

¹⁵⁴ Vgl. (40)

¹⁵⁵ Vgl. (49)

¹⁵⁶ Die in der Formel 1 eingesetzten KERS sind als *Parallel Hybridantrieb* realisiert.

¹⁵⁷ Vgl. (41)

¹⁵⁸ Vgl. (42)

¹⁵⁹ Chevrolet Volt ist baugleich mit dem Opel Ampera; Chevrolet und Opel gehören zu General Motors.

können grundsätzlich in allen oben genannten Systemstrukturen gebaut werden. In der Kommunikation der Automobilhersteller werden Plug-In-Hybride aber auch als Elektro-kraftfahrzeuge bezeichnet, da sie über mittlere Reichweiten als Zero-Emission-Vehicle betrieben werden können. In diese Kategorie sind beispielsweise der *Chevrolet Volt* oder der baugleiche *Opel Ampera* zu zählen. Diese Modelle verfügen über eine Reichweite von bis zu 82 km, die rein elektrisch überwunden werden kann. Als Hybrid Fahrzeug verfügen diese Modelle über einen Verbrennungsmotor, der nach Verbrauch der elektrischen Energie aus dem Akkumulator über einen Generator die für die Fahrt notwendige elektrische Energie erzeugt.

2.2 Ziele der Investitionsentscheidung

Nach Kruschwitz kann eine Investitionsentscheidung allein basierend auf monetären Zielen gefällt werden¹⁶⁰. In diesem Fall ist die *Investitionsrechnung* das geeignete Mittel für die Herbeiführung einer Entscheidung. Werden aber auch nicht- monetäre Ziele bei einer Investitionsentscheidung berücksichtigt, muss die Investitionsrechnung um andere Verfahren ergänzt oder von anderen Verfahren ersetzt werden. Dieser Abschnitt beleuchtet die monetären und die nicht-monetären Ziele für diese Investitionsentscheidung.

2.2.1 Monetäre Ziele für die Investitionsentscheidung

„Als optimal bezeichnen wir diejenige Handlungsweise, mit der der Investor seine Ziele am besten erreicht.“¹⁶¹ Werden monetäre Ziele verfolgt, dann handelt es sich dabei um Kosten- bzw. Ertragsziele. Entscheidet der private Haushalt über Investitionen, verfolgt er dabei i.d.R. keine Ertragsziele¹⁶². Für den privaten Haushalt sind bei Investitionen vor allem Kostenziele zu verfolgen. Für langlebige Güter des privaten Haushalts¹⁶³, die eine längere Nutzungsphase erwarten lassen, sind die folgenden monetären Ziele relevant: die Anschaffungskosten, die Betriebskosten, ein allenfalls erzielbarer Restwert sowie die Nutzungsdauer.

¹⁶⁰ Vgl. (8), S. 10

¹⁶¹ (8), S. 9

¹⁶² Der Haushalt verfolgt mit seinen Investitionen keine Gewinnabsichten, er betreibt Eigenbedarfsdeckung.

¹⁶³ Vgl. (18), S. 190, linke Spalte

Langlebige Güter des privaten Haushalts werden demnach als Gebrauchsgüter bezeichnet; kurzlebige Güter, die nach einmaliger Verwendung aufgebraucht sind, als Verbrauchsgüter.

2.2.1.1 Die Anschaffungskosten

Als Anschaffung wird „... jedes auf entgeltl. Erwerb von Eigentum an Wirtschaftsgütern gerichtet Rechtsgeschäft, durch das ein Wirtschaftsgut aus dem Vermögen des Veräußerers in das Vermögen des Erwerbers übergeht ...“¹⁶⁴. Die bei der Anschaffung anfallenden Kosten beinhalten „... die tatsächlichen Kosten (...) um ein Wirtschaftsgut zu erwerben und in einen betriebsbereiten Zustand zu versetzen.“¹⁶⁵ Zu den Anschaffungskosten zählen neben dem Kaufpreis des Wirtschaftsgutes auch die Anschaffungsnebenkosten. Dazu gehören Provisionen, Transportkosten, Transportversicherung, Zölle. Vom Kaufpreis sind Preisminderungen wie Rabatte, Boni und Skonti abzuziehen.¹⁶⁶

$$\text{Anschaffungskosten} = \text{Kaufpreis} - \text{Preisminderungen} + \text{Nebenkosten}$$

Formel 14: Anschaffungskostenberechnung

Beim Kauf eines PKW fallen in Österreich die in Tabelle 13 angeführten Kostenpositionen an. Werden die Anschaffungskosten für einen PKW als Ziel definiert, ist dies ein Minimierungsziel.

¹⁶⁴ (27), S. 613, rechte Spalte.

¹⁶⁵ (27), S. 613, rechte Spalte.

¹⁶⁶ Vgl. (2), S. 748

Anschaffungskostenkomponente	Kostenpositionen
Kaufpreis	<ul style="list-style-type: none"> • Netto-Verkaufspreis¹⁶⁷
Preisminderung	<ul style="list-style-type: none"> • Individuell auszuhandelnde Rabatte¹⁶⁸ • Abschläge für <i>Vorführwagen</i> oder <i>Tageszulassungen</i> • Förderungen^{169 170} • NoVA-Bonus
Nebenkosten	<ul style="list-style-type: none"> • Mehrwertsteuer (MwSt.)¹⁷¹ • Normverbrauchsabgabe (NoVA)¹⁷² • NoVA-Malus • Transportkosten

Tabelle 13: Anschaffungskosten von PKWs

2.2.1.2 Die Betriebskosten

Die Betriebskosten umfassen alle durch den Betrieb des PKWs anfallenden Kosten. Zu den Betriebskosten sind sowohl fixe als auch variable Kosten zu zählen. Zu den fixen Betriebskosten, also den fahrleistungsunabhängigen Kosten zählen Versicherungsprämien (Kfz-Haftpflichtversicherung, Teil- oder Vollkaskoversicherung) sowie die motorbezogene Versicherungssteuer. Tabelle 14 gibt einen Überblick über anfallende Steuern bzw. Versicherungen abhängig vom Antriebskonzept eines PKW.

¹⁶⁷ Basispreis ist die unverbindliche Preisempfehlung ab Werk.

¹⁶⁸ Individuelle Rabatte können sowohl als monetärer Abschlag auf den Listenpreis des PKWs als auch in Form von Naturalrabatten durch Draufgabe von Zubehör gewährt werden.

¹⁶⁹ Für die Anschaffung von Elektrofahrzeugen gewähren sowohl der Bund, als auch manchen Bundesländer oder Gemeinden Förderungen in Form monetärer Zuschüsse.

Das Bundesland Salzburg gemeinsam mit dem Bund beispielsweise fördern die Beschaffung von Elektrofahrzeugen auch für Privatpersonen mit bis zu 35% des Nettopreises (limitiert mit einem Maximalbetrag von € 11.000,-), wenn der Strom für die Ladung der Batterien von einer Photovoltaik-Anlage bezogen wird. Alternativ zur Errichtung einer eigenen Photovoltaik-Anlage zählt auch die Beteiligung an einer Gemeinschafts-Photovoltaik-Anlage als Erfüllung des Kriteriums für das Gewähren der maximalen Fördersumme. Vgl. (55)

¹⁷⁰ Fahrzeughändler gewähren häufig auch sogenannte Eintauschprämien, wenn mit dem Kauf eines Neufahrzeuges ein Gebrauchtfahrzeug eingetauscht wird. Das einzutauschende Gebrauchtfahrzeug muss dazu i.d.R. eine Mindestdauer auf den Käufer des Neufahrzeuges zugelassen sein und gemäß §57a KFG die Verkehrs- und Betriebssicherheit aufgewiesen.

¹⁷¹ Fahrzeuge unterliegen dem normalen MWSt-Satz. Dieser beträgt in Österreich 20% vom Nettopreis.

¹⁷² Bemessungsgrundlage für die Normverbrauchsabgabe ist das Entgelt bzw. der gemeine Wert des Fahrzeuges. Der Steuersatz richtet sich nach dem durchschnittlichen Kraftstoffverbrauch (MVEG-Zyklus). Die NoVA ist – abgesehen vom Bonus-Malus-System gemäß § 6a NoVAG - mit 16 % der Höhe nach begrenzt. Die NoVA gehört nicht in die Bemessungsgrundlage der Umsatzsteuer.

Elektrofahrzeuge unterliegen nicht der NoVA. Dazu zählen auch Plug-In Hybride.

	Verbrennungsmotor	Hybrid	Plug-In Hybrid	Elektromotor
Steuer	Motorbezogene Versicherungssteuer	Motorbezogene Versicherungssteuer ¹⁷³		-
Versicherung	<ul style="list-style-type: none"> • Haftpflichtversicherung • Teil- oder Vollkaskoversicherung 			

Tabelle 14: Übersicht über Steuern und Versicherungen für PKW

Zu den variablen Betriebskosten, also den fahrleistungsabhängigen Kosten zählen als unmittelbare Kosten die Energiekosten. Als mittelbare Kosten zählen solche für Verschleißteile (z.B. Reifen, Bremsbeläge, Bremsscheiben, Wischerblätter), Kosten für die Fahrzeugpflege, sowie Instandhaltungs- und Instandsetzungskosten.

Der Energieverbrauch ist unmittelbar fahrleistungsabhängig. Kraftstoff wird verbraucht durch den PKW mit Verbrennungsmotor sowie durch den Hybrid-Antrieb. Elektrische Energie, die aus dem EV-Netz bezogen wird, wird zum Aufladen der Akkumulatoren von reinen Elektrofahrzeugen wie auch von Plug-In Hybriden verwendet. Bei allen betrachteten Antriebsarten werden Kosten verursacht durch Verschleißteile wie Bremsbeläge, Bremsscheiben, Wischerblätter und Reifen. Bei PKW mit Verbrennungsmotoren fallen zusätzliche Kosten für Öl-, Kraftstoff- und Luftfilter, Motor- und Getriebeöl, Zahn- und Keilriemen an.

Bei höheren Laufleistungen fallen Instandhaltungskosten für den Verschleiß von Teilen des Fahrwerks (z.B.: Spurstangen, Radlager, Querlenker) an. Bei PKWs mit Verbrennungsmotor fallen darüber hinaus Instandhaltungskosten für die Abgasanlage an. Tabelle 15 gibt einen Überblick über fahrleistungsabhängige Kostenverursacher für die betrachteten Antriebskonzepte.

Werden die Betriebskosten als Ziel für die Bewertung von Handlungsalternativen herangezogen, dann ist die Erreichung eines möglichst kleinen Wertes anzustreben. Die Betriebskosten sind ein Minimierungsziel.

¹⁷³ Für die Berechnung der Bemessungsgrundlage zur Motorbezogenen Versicherungssteuer wird die Summe der Leistungen beider Motoren (Elektromotor und Verbrennungsmotor) herangezogen. Abhängig von der grundsätzlichen Konstruktion des Hybrid-Antriebes ist es entweder faktisch möglich, die Summe der Leistungen beider Motoren zu nutzen (z.B. Serieller Hybrid-Antrieb) oder es ist dies nur in seltenen Betriebszuständen möglich. Dies wird im Abgabenänderungsgesetz (AbgÄG) 2012 geändert. Für die Berechnung der Bemessungsgrundlage wird künftig nur mehr die Leistung des Verbrennungsmotors herangezogen. Vgl. (30)

	Verbrennungsmotor	Hybrid	Plug-In Hybrid	Elektromotor
Energie	Kraftstoff		<ul style="list-style-type: none"> • Kraftstoff • Strom aus dem EV-Netz 	Strom aus dem EV-Netz
Verschleißteile	<ul style="list-style-type: none"> • Bremsbeläge • Bremsscheiben • Wischerblätter • Reifen • Fahrwerksteile • Beleuchtungsanlage 			
	<ul style="list-style-type: none"> • Öl-, Luft-, Kraftstofffilter, • Motor- und Getriebeöl • Zahn-, Rillen- und Keilriemen • Abgasanlage • Kupplung • Wasserkühlungsanlage • Kraftstoffanlage 			-
	Starterbatterie	Akkumulator		

Tabelle 15: Fahrleistungsabhängige Kostenverursacher

2.2.1.3 Die Nutzungsdauer und der Restwert

Der Restwert, den der PKW am Ende der Nutzungsdauer aufweist wird durch den Wertverlust bestimmt. Der Wertverlust eines PKW kann in vorhinein nicht exakt bestimmt werden. Der Wertverlust eines PKW muss in der Bewertung der Investition seinen Niederschlag finden, stellt da er erfahrungsgemäß mit dem größten Teilbetrag zu den monatlichen Kosten beiträgt.¹⁷⁴ Der Wertverlust wird über die Abschreibung in der Kalkulation berücksichtigt. Die Höhe des zu berücksichtigenden Wertverlustes wird dabei einschlägigen Datenquellen entnommen. Wird der Restwert als Ziel für die Bewertung von Handlungsalternativen herangezogen, stellt dieser ein Maximierungsziel dar.

2.2.2 Nicht-Monetäre Ziele für die Investitionsentscheidung

Neben monetären Zielen im Rahmen einer Investitionsentscheidung können auch nicht-monetäre Ziele in Betracht gezogen werden. In dieser Arbeit werden zwei Arten von Kriterien berücksichtigt. Als ökologische Kriterien werden die Effizienz der Energie-Nutzung sowie die CO₂ Bilanz der Energienutzung der verglichenen Antriebskonzepte betrachtet. Neben den ökologischen Kriterien werden noch individuelle, subjektive Kriterien in die Entscheidung mit einbezogen. Darunter fallen die subjektiven Vorlieben des Entscheiders hinsichtlich der Wichtigkeit von Ausstattungsmerkmalen der zu vergleichenden Investitionsalternativen.

¹⁷⁴ Vgl. (29), S. 1

2.2.2.1 Ökologische Ziele

In der öffentlichen Meinung herrscht die Ansicht vor, dass die negative Wirkung von CO₂ als Treibhausgas auf das Klima der Erde seine positiven Effekte überwiegt. Diese Ansicht ist zwar nicht unbestritten, der Autor dieser Arbeit kann in der Argumentation mit der die negativen Effekte beschrieben werden, Konsistenz erkennen.

2.2.2.1.1 Effizienz der Nutzung der Primärenergie

Wie effizient wird die gewonnene Primärenergie zum Betrieb eines PKW genutzt. Dabei werden die unter Kapitel 2.1.3.1 (oben) beschriebenen Wirkketten getrennt betrachtet werden. Einerseits wird die Wirkkette für die Bereitstellung der Energie am Fahrzeug (Well-to-Tank) und getrennt davon die Wirkkette von der im Fahrzeug gespeicherten Energie bis Umwandlung in kinetische Energie (Tank-to-Wheel) betrachtet. Die Zielerträge für die Well-to-Tank Wirkkette könnten aus (1) entnommen. Die Zielerträge der Tank-to-Wheel Wirkkette könnten aus den für die jeweilige Handlungsalternative relevanten Verbrauchsangaben errechnet.

Bei genauer Betrachtung kann die Berücksichtigung der Effizienz der Energienutzung als Bewertungskriterium entfallen, da ineffiziente Nutzung der Primärenergie bereits durch höhere Energie-Kosten ohnehin auch in den Betriebskosten ihren Niederschlag finden. Nach Überzeugung des Autors dieser Arbeit würde die Berücksichtigung zweier Ziele mit Zielidentität zu einer Verfälschung des Ergebnisses führen. Die Bewertung der Handlungsalternativen soll Anhand von Zielen erfolgen, die zueinander in möglichst neutraler Beziehung stehen – im Idealfall sind die Ziele voneinander unabhängig.

2.2.2.1.2 Die CO₂ Bilanz der Energienutzung

Neben der Energieeffizienz kann in der Bewertung der Handlungsalternativen auch die CO₂-Bilanz der eingesetzten Energieformen bewertet. Die Zielertragswerte für die Well-to-Tank Wirkkette würden aus den öffentlich bereitgestellten Informationen des lokalen EV-Unternehmens entnommen werden können; die Zielertragswerte für Kraftstoffe aus fossile. Energieträgern würden aus (1) entnommen werden können. Die Zielertragswerte für die Tank-to-Wheel Wirkkette werden aus den Herstellerangaben der jeweiligen Handlungsalternativen entnommen.

Die Berücksichtigung der CO₂ Bilanz der jeweiligen Handlungsalternativen entspräche der wie oben erwähnten Annahme des Autors über die Wirkung des CO₂ auf das Klima. Wie für die Energienutzungseffizienz gilt aber auch für die CO₂-Bilanz, dass dieses Ziel bereits in den Anschaffungskosten berücksichtigt wird. Seit dem Jahr 1991 regelt das in Österreich gültige Normverbrauchsabgabengesetz (NoVAG) die Besteuerung des Kaufpreises in

Abhängigkeit vom Normverbrauch. Zusätzlich enthält das NoVAG eine Bonus/Malus Regelung für den Ausstoß von CO₂ bzw. NO_x.¹⁷⁵

Die Berücksichtigung der CO₂-Bilanz als eigenes Ziel würde auch hier zwei idente Ziele bewerten und damit das Ergebnis des Vergleiches verfälschen. Zu Gunsten unabhängiger Ziele entfällt daher dieses Zielkriterium.

2.2.2.2 Die Ausstattungsmerkmale

Eine Investitionsentscheidung kann zwar allein auf monetären Zielen basierend gefällt werden, dies ist jedoch i.d.R. nicht der Fall. Für eine Entscheidung sind auch Merkmale zu bewerten, die nicht als monetäre Quantitäten oder gar nur als qualitative Aussage vorliegen. Bei Entscheidungen im privaten Bereich wird in der Erfahrung des Autors subjektiven Kriterien ein nennenswertes Gewicht beigemessen. In der Wahl und Gewichtung dieser Kriterien kommt die Werthaltung des Entscheiders zum Ausdruck.

Kriterien für die Entscheidung über einen PKW können daher sowohl funktionale als auch nicht-funktionale Anforderungen aus Sicht des Entscheiders sein.

Zu funktionalen Anforderungen sind zu zählen:

- Fahrzeugklasse, Fahrzeugtyp
- Anzahl der Sitzplätze im PKW
- Audio- und IT-Ausstattung¹⁷⁶

¹⁷⁵ Ab dem 1. Jänner 2013 gilt Folgendes:

- Für Fahrzeuge, deren CO₂-Ausstoß größer als 150 g/km ist, erhöht sich die Steuerschuld für den die Grenze von 150 g/km übersteigenden CO₂-Ausstoß um 25 Euro je g/km.
- Darüber hinaus erhöht sich die Steuerschuld für Fahrzeuge, deren CO₂-Ausstoß größer als 170 g/km ist, um weitere 25 Euro je g/km CO₂ für den die Grenze von 170 g/km übersteigenden CO₂-Ausstoß.
- Darüber hinaus erhöht sich die Steuerschuld für Fahrzeuge, deren CO₂-Ausstoß größer als 210 g/km ist, um weitere 25 Euro je g/km CO₂ für den die Grenze von 210 g/km übersteigenden CO₂-Ausstoß.

Für Benzinfahrzeuge, die die Schadstoffgrenze von 60 mg/km Stickstoffoxide (NO_x) sowie von Dieselfahrzeugen, die die Schadstoffgrenze von 80 mg/km NO_x einhalten und bei denen die partikelförmigen Luftverunreinigungen nicht mehr als 0,005 g/km betragen, vermindert sich die Steuerschuld um höchstens 200 Euro.

Für Fahrzeuge mit einem umweltfreundlichen Antriebsmotor (Hybridantrieb, Verwendung von Kraftstoff der Spezifikation E 85, von Methan in Form von Erdgas bzw. Biogas, Flüssiggas oder Wasserstoff) vermindert sich die Steuerschuld bis zum Ablauf des 31. August 2012 um höchstens 500 Euro. Die Summe der Steuererminderungen darf jedoch den Betrag von 500 Euro nicht übersteigen. Die Berechnung kann zu keiner Steuergutschrift führen.

Bei Gebrauchtfahrzeugen, die bereits im übrigen Gemeinschaftsgebiet zugelassen waren, wird der Malus im Verhältnis zu Wertentwicklung vermindert.

¹⁷⁶ In den Themenbereich Audio fallen: Radio, Audio-Streaming aus verschiedenen Quellen (USB, SD-Card, CD, MP3, ...)

- Transportkapazität

Zu nicht-funktionalen Anforderungen sind zu zählen

- Reichweite
- Höchstgeschwindigkeit
- Motorleistung
- Ladedauer bei Elektrofahrzeugen

Die Handlungsalternativen werden hinsichtlich der nachfolgend angeführten Ausstattungsmerkmale¹⁷⁷ miteinander verglichen.

Anzahl der Sitze Bewertet wird die maximale Anzahl der Sitze zur Beförderung von Personen (einschließlich des Fahrers). Dieses Ziel ist ein Maximierungsziel.

Audio- / IT-Ausstattung Bewertet werden der Umfang der Ausstattung an Audio-Funktionalitäten sowie an IT Funktionalitäten. Dieses Ziel ist ein Maximierungsziel.

Akku-Wartung Bewertet wird der vermutete Aufwand für die Wartung des Akkus. Bei einigen Modellen wird der Akku gemietet bei anderen Modellen wird der Akku gekauft. Die Akku-Miete schließt die Wartung bereits mit ein. Bei gekauften Akkus ist die Wartung durch den Halter bestreiten. Dieses Ziel ist ein Minimierungsziel.

Reichweite Bewertet wird die nach Herstellerangaben erzielbare Reichweite. Bei Plug-In Hybridfahrzeugen setzt sich die Reichweite aus der Kapazität des Akkus vermehrt um die Kapazität des Range-Extenders zusammen. Dieses Ziel ist ein Maximierungsziel.

Schnelladefähigkeit Bewertet wird mit diesem Kriterium, ob das Fahrzeug über eine Schnellladeeinrichtung verfügt. Als Schnellladung wird gewertet, was der Hersteller dazu in seinem Prospekt beschreibt. Dieses Ziel ist ein Maximierungsziel.

In den Themenbereich IT fallen: Bluetooth Freisprecheinrichtung, integriertes Navigationssystem, integrierter Bordcomputer mit Touch-Screen.

¹⁷⁷ Diese Auswahl wurde in Abstimmung unter jenen Personen, die dieses Fahrzeug voraussichtlich nutzen werden, getroffen.

Kofferraumvolumen Bewertet wird das maximale Kofferraumvolumen. Bei Fahrzeugen mit umklappbarer Lehne der hinteren Sitzbänke wird jenes Volumen gewertet, das verfügbar ist, wenn alle Lehnen maximal umgeklappt sind. Dieses Ziel ist ein Maximierungsziel.

Sicherheitssysteme Bewertet wird, ob das Fahrzeug über eingebaute Fahrsicherheitssysteme verfügt. Explizit sind dies ABS¹⁷⁸, ESP¹⁷⁹ und ASR¹⁸⁰. Dieses Ziel ist ein Maximierungsziel.

Geschlossener Aufbau Bewertet wird, ob das Fahrzeug einen geschlossenen Aufbau aufweist oder nicht. Dieses Ziel ist ein Maximierungsziel.

Wartungsaufwand Bewertet wird der vermutete Wartungsaufwand, der während des Betriebs des Fahrzeuges anfallen wird. Die verglichenen Modelle sind meist erst sehr kurz auf dem Markt, so dass konkrete Zahlen nicht vorliegen. Die Bewertung erfolgt nach Einschätzung des Autors auf der Basis des Antriebskonzeptes. Dieses Ziel ist ein Maximierungsziel.

Beschleunigung Die Beschleunigung wird aus den Herstellerangaben berechnet. Für die PKWs wird jeweils die Dauer in s genannt, in der das Fahrzeug die Geschwindigkeit von $100 \frac{km}{h}$ erreicht hat. Für den Renault Twizy wird von Hersteller angegeben, in welcher Zeit eine Geschwindigkeit von $45 \frac{km}{h}$ erreicht werden kann. Aus diesen Angaben wird die durchschnittliche Beschleunigung in $\frac{m}{s^2}$ errechnet. Dieses Ziel ist ein Maximierungsziel.

Höchstgeschwindigkeit Bewertet wird die Höchstgeschwindigkeit, die laut Hersteller erreicht werden kann. Für die Bewertung wird eine ideale Höchstgeschwindigkeit von $150 \frac{km}{h}$ angenommen. Dieser Wert liegt um $20 \frac{km}{h}$ höher, als die in Österreich geltende Höchstgeschwindigkeit auf Autobahnen. Fahrzeuge, die eine höhere Bauartgeschwindigkeit aufweisen, werden mit $150 \frac{km}{h}$ gewertet, Fahrzeuge, die eine niedrigere Bauartgeschwindigkeit aufweisen,

¹⁷⁸ ABS: Antilock Braking System, Anti Blockier System

¹⁷⁹ ESP: Electronic Stability Program, Elektronisches Stabilitäts Programm

¹⁸⁰ ASR: Anti Slip Regulation, Anti Schlupf Regulierungs System

werden mit ihrer jeweiligen Bauartgeschwindigkeit gewertet. Dieses Ziel ist ein Maximierungsziel.

2.3 Die Investitionsentscheidung am konkreten Beispiel

2.3.1 Die Auswahl der Handlungsalternativen

Das zu beschaffende Fahrzeug soll als Zweitfahrzeug eingesetzt werden. In dieser Funktion wird es mit deutlichem Schwergewicht für die Fahrt zur Arbeitsstelle und zurück sowie für die Beschaffung von Gütern des täglichen Bedarfs verwendet. Die Arbeitsstätte liegt in einer Entfernung von 33 km vom Wohnort. Für Fahrten zur Arbeitsstätte werden pro Jahr ca. 14.500 km zurückgelegt. Der Weg zur Arbeitsstätte führt entlang von Landesstraßen sowie durch Ortsgebiet. Gezielte Beobachtungen über einen Zeitraum von ca. 6 Monaten haben gezeigt, dass auf dieser Strecke eine Durchschnittsgeschwindigkeit von max. $50 \frac{km}{h}$ erreicht werden kann. Die Beobachtungsdauer von April bis Oktober liegt in der wärmeren Jahreszeit; es muss also angenommen werden, dass die Durchschnittsgeschwindigkeit über das gesamte Jahr beobachtet unter $50 \frac{km}{h}$ liegen wird.

In einzelnen Streckenabschnitten, die sich zu einer Gesamtlänge von ca. 4 km addieren, können Geschwindigkeiten von ca. $100 \frac{km}{h}$ erreicht werden, wenn dies die Witterungsverhältnisse erlauben.

Neben den Fahrten zur Arbeitsstätte wird das Fahrzeug auch für Beschaffungen von Gütern des täglichen Bedarfs verwendet werden können. Die Ziele solcher Versorgungsfahrten liegen in einer Entfernung von max. 30 km. Die Versorgung erfolgt für 5 – 7 Personen. Versorgungsfahrten werden i.d.R. am Wochenende bewerkstelligt. Die resultierende Menge an Versorgungsgütern soll mit dem Fahrzeug transportiert werden können.

Gelegentlich sollen mit dem zu beschaffenden Fahrzeug auch Personen transportiert werden können. Dabei geht es um die Überwindung von kürzesten Strecken.

Insgesamt wird für die nachfolgenden Betrachtungen von einer Jahreskilometerleistung von 17.500km ausgegangen.

Für dieses Anforderungsprofil wird ein Kleinst-, Klein- oder Kompaktwagen¹⁸¹ für grundsätzlich geeignet erkannt. Tabelle 16 zeigt die untersuchten Handlungsalternativen. Die Auswahl der Alternativen weist ein deutliches Schwergewicht bei Fahrzeugen mit reinem Elektroantrieb auf. Dieses Schwergewicht ist mit der Präferenz der Entscheidungsträger

¹⁸¹ Vgl. Kapitel 2.1.2.2, S 33 ff.

für den reinen Elektroantrieb begründet. Nach den Angaben der jeweiligen Hersteller erfüllen alle Elektrofahrzeuge die Reichweitenanforderungen, die sich aus den der Entscheidung zugrunde liegenden Anwendungsfällen ergeben. Den gewählten Alternativen ist weiter gemeinsam, dass sie erst kurze Zeit auf dem Markt verfügbar sind bzw. kurz vor Markteinführung stehen. Die untersuchten Fahrzeuge sind PKWs der Kategorien Kleinwagen, Kleinwagen oder Kompaktwagen. Einzig der *Twizy Urban 80* von *Renault* wird nicht als PKW sondern als vierrädriges Leicht-Kfz¹⁸² gezählt. Diese Handlungsalternative wurde mit untersucht, um die Annahme, das gesuchte Fahrzeug müsse ein PKW sein, zu verifizieren.

	Hersteller	Model	Variante	Antriebsart	Fahrzeugtyp	Referenz
1	Renault	Clio	Expression ENERGY dCi 90 83g	Dieselmotor	Kleinwagen	183
2	Renault	Clio	Expression ENERGY TCe 90 99g	Ottomotor	Kleinwagen	184
3	Renault	Zoe	Intense	Elektromotor	Kleinwagen	185
4	Nissan	Leaf		Elektromotor	Kompaktwagen	186
5	Citroen	C-Zero	Seduction	Elektromotor	Kleinstwagen	187
6	Renault	Twizy	Urban 80	Elektromotor	Vierrädriges Leicht-Kfz	188
7	Opel	Ampera		Plug-In Hybrid	Kompaktwagen	189

Tabelle 16: Liste der verglichenen Fahrzeuge

Für die Investitionsvergleichsrechnung werden die in Tabelle 17 genannten Rahmenparameter zugrunde gelegt.

¹⁸² Im allgemeinen Sprachgebrauch werden solche Fahrzeuge auch als Quads bezeichnet.

¹⁸³ Vgl. (52)

¹⁸⁴ Vgl. (52)

¹⁸⁵ Vgl. (39)

¹⁸⁶ Vgl. (34)

¹⁸⁷ Vgl. (59)

¹⁸⁸ Vgl. (58)

¹⁸⁹ Vgl. (35)

Parameter	Einheit	Wert
Jahreskilometerleistung	km	17500,00
Kraftstoffpreis	€ / l	1,50
Energiepreis	€ / kWh	0,16
Förderung max.	€	11000,00
Fördersatz	%	35%
Nutzungsdauer 1	Jahre	8
Nutzungsdauer 2	Jahre	5
Solaranlagenbeteiligung	€	7020,00
Solarrendite	%	3,25%
Rendite	%	2,00%
Ideale Höchstgeschwindigkeit	[km/h]	150

Tabelle 17: Rahmenparameter für die Investitionsvergleichsrechnung

2.3.2 Die Investitionsentscheidung

Die Investitionsvergleichsrechnung für die gewählten Handlungsalternativen wird in drei Schritten durchgeführt. Zuerst werden lediglich die monetären Aspekte untersucht. Danach werden die gewählten Modelle einer Nutzwertanalyse unterzogen, die sowohl monetäre als auch nicht monetäre Ziele berücksichtigt. Zuletzt werden die Alternativen im Rahmen einer Kosten-Wirksamkeits Analyse gegenübergestellt. Dazu werden die Kosten aus statischen und dynamischen Kostenvergleichsrechnung verwendet und die Nutzwerte werden aus den Ergebnissen der Nutzwertanalyse entnommen.

Um in den Genuss der vollen Förderung für den Kauf von Elektrofahrzeugen zu kommen, müssen die folgenden Rahmenbedingungen erfüllt sein:

1. Das Fahrzeug muss ein PKW mit reinem Elektroantrieb sein.
2. Das Fahrzeug muss mit Strom aus erneuerbaren Energiequellen geladen werden.
3. Zusätzliche Kapazitäten für die Erzeugung von Strom aus erneuerbaren Energiequellen müssen geschaffen werden.¹⁹⁰

Die Förderung setzt sich zusammen aus einem Teil, der durch die Salzburger Landesregierung über den Klima und Umwelt Pakt (KLUP) bereitgestellt wird und einem Teil, der über den Klima- und Energiefond (KLIEN) des Bundes bereitgestellt wird. Die Gesamtför-

¹⁹⁰ Dieses Kriterium gilt auch als erfüllt, wenn die Schaffung zusätzlicher Kapazitäten durch Beteiligung an einer Photovoltaik-Anlage realisiert wird. Vgl. (55)

derhöhe wird als *De-minimis*-Beihilfe¹⁹¹ ausbezahlt und darf insgesamt 35% der umweltrelevanten Investitionskosten sowie € 11.000,- nicht übersteigen.¹⁹²

Die Beteiligung an einer Gemeinschafts-Photovoltaik Anlage der Salzburg-AG erfordert Investitionskosten von € 7.020,- und wird mit 3,25% p.a. verzinst. Die Investition kann erstmals nach 5 Jahren wieder gekündigt werden.¹⁹³

In der Betrachtung der Kosten werden für die gewählten Elektrofahrzeuge die im Bundesland Salzburg verfügbaren Förderungen für den Kauf von Elektrofahrzeugen sowie die für die Gewährung der vollen Förderung ebenfalls nötigen Investitionen in Solarenergiegewinnung berücksichtigt.

Tabelle 18 zeigt die für die verglichenen Fahrzeuge die erhobenen Kosten.

Alternative	Nettopreis	NoVA-Satz	NoVA	MWSt	NoVA-Zuschlag	Bruttopreis	Versicherung min.	Versicherung max.	Versicherung mean. ¹⁹⁴	Motorbezogene Versicherungssteuer	Batteriemiete	Energiekosten	Förderung
	€	[%]	€	€	€	€	€/Jahr	€/Jahr	€/Jahr	€/Jahr	€/Monat	€/Jahr	€
1	14833,33	2%	296,67	3026,00	-356,00	17800,00	192,34	259,74	226,04	277,20	0,00	840,00	0,00
2	13083,33	3%	392,50	2695,17	-471,00	15700,00	192,34	259,74	226,04	277,20	0,00	1128,75	0,00
3	18816,67	0%	0,00	3763,33	0,00	22580,00	177,86	259,74	218,80	0,00	89,00	301,86	6585,83
4	31241,67	0%	0,00	6248,33	0,00	37490,00	209,59	297,65	253,62	0,00	0,00	395,04	10934,58
5	24700,00	0%	0,00	4940,00	0,00	29640,00	177,86	250,00	213,93	0,00	0,00	307,35	8645,00
6	6408,33	0%	0,00	1281,67	0,00	7690,00			100,00 ¹⁹⁵	0,00	62,00	175,77	2242,92
7	38250,00	0%	0,00	7650,00	0,00	45900,00	209,90	352,40	281,15	574,20	0,00	555,45	0,00

Tabelle 18: Aufstellung der Kosten für die verglichenen Fahrzeuge

2.3.2.1 Der Vergleich nach der statischen Kostenvergleichsrechnung

Für die statische Kostenvergleichsrechnung haben die folgenden Formeln Gültigkeit.

¹⁹¹ Vgl. VERORDNUNG (EG) Nr. 1998/2006 DER KOMMISSION vom 15. Dezember 2006 über die Anwendung der Artikel 87 und 88 EG-Vertrag auf *De-minimis*-Beihilfen

¹⁹² Vgl. (55)

¹⁹³ Vgl. (54)

¹⁹⁴ Die Versicherungsprämien wurden durch Online-Abfrage über www.versichern24.at abgefragt. Aus den erfragten Angeboten wird der Mittelwert für die Berechnung der fixen Kosten herangezogen.

¹⁹⁵ Für den Renault Twizy gibt es keine Online-Tarifauskunft. Nach mündlichen Informationen von lokalen Versicherungs-Beratern muss für die Haftpflichtversicherung mit einer Prämienhöhe von ca. 100,- pro Jahr gerechnet werden.

$$K = AfA + K_f + K_v + i_{kalk}$$

Formel 15: Kostenfunktion

$$AfA = \frac{a_0 - RW}{n}$$

Formel 16: Abschreibung für Abnutzung

$$i_{kalk} = \frac{a_0 + RW}{2} * i$$

Formel 17: Kalkulatorische Zinsen

Die Periodendauer für die Berechnung wird mit einem Jahr angenommen. Die Berechnung der Kosten erfolgt in zwei Varianten mit unterschiedlichen Nutzungsdauern der Fahrzeuge. Die Kosten wurden mit einer Nutzungsdauer von 8 Jahren (Tabelle 19) bzw. mit 5 Jahren (Tabelle 20) berechnet.

Alternative	a_0	RW^{196}	AfA	K_f	K_v	i_{kalk}^{197}	K	Rang
	€	€	€/Jahr	€/Jahr	€/Jahr	€/Jahr	€/Jahr	
1	17800,00		2225,00	503,24	840,00	178,00	3746,24	4
2	15700,00		1962,50	503,24	1128,75	157,00	3751,49	5
3	23014,17	7020,00	1999,27	1286,80	301,86	72,19	3660,12	3
4	33575,42	7020,00	3319,43	253,62	395,04	177,80	4145,89	6
5	28015,00	7020,00	2624,38	213,93	307,35	122,20	3267,86	2
6	12467,08	7020,00	680,89	844,00	175,77	-33,28	1667,37	1
7 ¹⁹⁸	45900,00		5737,50	855,35	555,45	459,00	7607,30	7

Tabelle 19: Statische Kostenvergleichsrechnung mit 8 Jahren Nutzungsdauer

¹⁹⁶ Der Restwert nach 8 Jahren Nutzungsdauer wird mit 0,- angenommen. Für die Elektrofahrzeuge bleibt als Restwert die Investition in die Photovoltaik-Gemeinschaftsanlage i.H.v. 7020,-.

¹⁹⁷ Zur Berechnung der kalkulatorischen Zinsen wird ein Zinssatz von 2% angenommen. Dieser Zinssatz kann nach gegenwärtigem Stand für mehrjährig gebundene Veranlagungen erzielt werden. Die kalkulatorischen Zinsen werden bei den Elektrofahrzeugen um die Erträge aus Beteiligung an der Photovoltaik-Anlage vermindert.

¹⁹⁸ Für den Opel Ampera wurde in dieser Berechnung angenommen, dass er nur mit Strom betrieben wird. Eine Fahrtstrecke zwischen zwei Aufladungen beträgt also weniger als die als durchschnittlich erreichbare Strecke von ca. 60 km. Die variablen Kosten beinhalten daher nur die Kosten für die Ladung des Akkumulators.

Wie Tabelle 19 und Tabelle 20 zeigen, werden unabhängig von der Nutzungsdauer die Ränge 1 (*Renault Twizy*), 2 (*Citroen C-Zero*), 3 (*Renault Zoe*), 5 (*Renault Clio TCe*) und 7 (*Opel Ampera*) belegt. Lediglich der *Renault Clio dCi* und der *Nissan Leaf* tauschen bei unterschiedlich langen Nutzungsdauern die Ränge. Die längere Nutzungsdauer wirkt sich zugunsten des mit Diesel betriebenen Renault Clio aus. Der *Opel Ampera* ist nach dieser Kostenvergleichsrechnung das mit Abstand teuerste, der *Renault Twizy* das mit Abstand günstigste Fahrzeug.

Alternative	a_0	RW^{199}	AfA	K_f	K_v	i_{kalk}	K	Rang
	€	€	€/Jahr	€/Jahr	€/Jahr	€/Jahr	€/Jahr	
1	17800,00	6675,00	2225,00	503,24	840,00	244,75	3812,99	6
2	15700,00	5887,50	1962,50	503,24	1128,75	215,87	3810,36	5
3	23014,17	15487,50	1505,33	1286,80	301,86	156,87	3250,86	3
4	33575,42	21078,75	2499,33	253,62	395,04	318,39	3466,39	4
5	28015,00	18135,00	1976,00	213,93	307,35	233,35	2730,63	2
6	12467,08	9903,75	512,67	844,00	175,77	-4,44	1527,99	1
7	45900,00	17212,50	5737,50	855,35	555,45	631,13	7779,43	7

Tabelle 20: Statische Kostenvergleichsrechnung mit 5 Jahren Nutzungsdauer

Die Platzierung des *Opel Ampera* wird maßgeblich durch den hohen Anschaffungspreis verursacht. Die Platzierung des *Renault Twizy* ebenfalls.

2.3.2.2 Der Vergleich nach der Kapitalbarwertmethode

Gleichbleibende Einnahme und Ausgaben über die gesamte Nutzungsdauer des Investitionsobjektes erlauben die Anwendung der folgenden Formel für die Berechnung des Kapitalbarwertes.

$$C_0 = -a_0 + \ddot{u} \frac{q^n - 1}{q^n(q - 1)} + \frac{L}{q^n}$$

Formel 18: Kapitalbarwert bei gleichbleibenden Einnahmen und Ausgaben

Der Kapitalbarwert wurde wieder für zwei unterschiedliche Nutzungsdauern (8 Jahre - Tabelle 21 und 5 Jahre - Tabelle 22) der Investitionsgüter ermittelt.

Die Kapitalbarwerte zeigen für den ersten und den letzten Rang dasselbe Bild wie nach der statischen Kostenvergleichsrechnung. *Renault Twizy* weist den höchsten Kapitalbar-

¹⁹⁹ Für die Berechnung des Restwertes nach 5 Jahren wurde lineare Abschreibung über eine Gesamtnutzungsdauer von 8 Jahren zugrunde gelegt.

wert (die niedrigsten negativen Betrag) und der *Opel Ampera* weist den geringsten Kapitalbarwert (den höchsten negativen Betrag) auf. Maßgeblich für die Wertung des *Opel Ampera* ist wieder der hohe Anschaffungspreis. Die Ränge 2 (*Citroen C-Zero*), 3 (*Renault Zoe*) und 6 (*Nissan Leaf*) werden in beiden Nutzungsdauer-Szenarien gleich belegt. Einzig die beiden *Renault Clio* mit Verbrennungsmotor wechseln die Plätze bei unterschiedlichen Nutzungsdauern. Bei 8 Jahren Nutzungsdauer ist der Dieselmotor günstiger, bei 5-jähriger Nutzungsdauer der Benzinmotor. Die Unterschiede im Kapitalbarwert sind jedoch gering.

Alternative	a ₀	L	e	a	q	c ₀	Rang
	€	€	€	€	%	€	
1	17800,00			1343,24	1,02	-27639,88	4
2	15700,00			1631,99	1,02	-27655,11	5
3	23014,17	7020,00	228,15	1588,66	1,02	-26989,07	3
4	33575,42	7020,00	228,15	648,66	1,02	-30664,36	6
5	28015,00	7020,00	228,15	521,28	1,02	-24170,82	2
6	12467,08	7020,00	228,15	1019,77	1,02	-12274,55	1
7	45900,00			1410,80	1,02	-56234,81	7

Tabelle 21: Kapitalbarwert bei einer Nutzungsdauer von 8 Jahren

Alternative	a ₀	L	e	a	q	c ₀	Rang
	€	€	€	€	%	€	
1	17800,00			1343,24	1,02	-24131,30	5
2	15700,00			1631,99	1,02	-23392,31	4
3	23014,17	7020,00	228,15	1588,66	1,02	-23068,66	3
4	33575,42	7020,00	228,15	648,66	1,02	-29199,25	6
5	28015,00	7020,00	228,15	521,28	1,02	-23038,43	2
6	12467,08	7020,00	228,15	1019,77	1,02	-9840,10	1
7	45900,00			1410,80	1,02	-52549,76	7

Tabelle 22: Kapitalbarwert bei einer Nutzungsdauer von 5 Jahren

2.3.2.3 Der Vergleich nach der Nutzwertanalyse

Für die Nutzwertanalyse der untersuchten Alternativen werden die in Kapitel 2.2.2.2 (oben) angeführten Kriterien herangezogen. Die genannten Kriterien entsprechen den *Umweltzuständen* der Nutzwertanalyse. Die gewählten Handlungsalternativen entsprechen den *Aktionen* der Nutzwertanalyse.²⁰⁰ Als ersten Schritt sieht die Nutzwertanalyse die Erstellung einer Zielertragsmatrix vor, die für die gegenständliche Untersuchung gewählten Aktionen und deren Umweltzustände festlegt. Tabelle 23 zeigt die Zielerträge für die gewählten Handlungsalternativen in den jeweiligen Umweltzuständen.

²⁰⁰ Vgl. Tabelle 3

Alternative	Beschleunigung ²⁰¹	Anzahl Sitzplätze	Höchstgeschwindigkeit ²⁰²	Audio / IT Ausstattung ²⁰³	Akku-Wartung ²⁰⁴	Reichweite	Anschaffungskosten ²⁰⁵	Fixkosten	Variable Kosten	Schnellladung ²⁰⁶	Kofferraumvolumen max.	Sicherheitssysteme ²⁰⁷	Geschlossener Aufbau	Wartung ²⁰⁸
	Max. ²⁰⁹	Max.	Max.	Max.	Min. ²¹⁰	Max.	Min.	Min.	Min.	Max.	Max.	Max.	Max.	Min.
	m/s ²		km/h			km	€	€/Jahr	€/Jahr		l			
1	2,30	5	150	3	1	1406	17800,00	503,24	840,00	1	1146	1	1	6
2	2,14	5	150	3	1	930	15700,00	503,24	1128,75	1	1146	1	1	6
3	2,06	5	135	4	1	210	23014,17	1286,80	301,86	1	1225	1	1	3
4	2,33	5	145	4	3	175	33575,42	253,62	395,04		680	1	1	3
5	1,75	4	130	2	2	150	28015,00	213,93	307,35		860	1	1	3
6	2,05	2	80	1	1	100	12467,08	844,00	175,77		40			1
7	3,09	4	150	4	2	500	45900,00	855,35	555,45		1005	1	1	5

Tabelle 23: Zielertragsmatrix für den Vergleich der untersuchten PKWs

Für jeden Umweltzustand zeigt Tabelle 23 in Zeile 2 auch die Zielcharakteristik.

²⁰¹ Die Beschleunigungswerte wurden errechnet aus den von den Herstellern angegebenen Zeitdauern für das Erreichen einer bestimmten Geschwindigkeit (PKWs: 0-100 km/h; *Renault Twizy*: 0-45 km/h).

²⁰² Für Fahrzeuge, für die eine Bauartgeschwindigkeit von mehr als 150 km/h angegeben ist, wird 150 gewertet, für Fahrzeuge die eine niedrigere Bauartgeschwindigkeit aufweisen, wird die angegebene Bauartgeschwindigkeit gewertet. Dieser Bewertung liegt die in Österreich geltende Höchstgeschwindigkeit auf Autobahnen vom 130 km/h zugrunde (zuzüglich einer Reserve) sowie der voraussichtliche Einsatzbereich des Fahrzeuges (vgl. Kapitel 2.3.1).

²⁰³ Kein Radio vorhanden = 1; Radio vorhanden, aber keine USB-Schnittstelle, kein Navigationssystem = 2; Audio-Streaming, Navigationssystem vorhanden = 3; Rückfahrkamera vorhanden = 4

²⁰⁴ Keine Kosten für Akku-Wartung = 1 (z.B. weil kein Akku vorhanden oder durch Akku-Miete abgedeckt)
geringe Kosten für Akku-Wartung zu erwarten = 2 (weil geringe Akku-Kapazität)
höhere Kosten für Akku-Wartung zu erwarten = 3 (weil höhere Akku-Kapazität)

²⁰⁵ Die Anschaffungskosten beinhalten die allfällige Beteiligung an einer Gemeinschafts-Photovoltaik Anlage und berücksichtigen bereits die Förderungen für den Kauf von Elektrofahrzeugen.

²⁰⁶ Mit leerem Energiespeicher Wiederherstellung der Fahrbereitschaft in 30 Minuten möglich = 1
Mit leerem Energiespeicher Wiederherstellung der Fahrbereitschaft in 30 Minuten nicht möglich = 0

²⁰⁷ {ABS, ESP, ASR} vorhanden = 1; {ABS, ESP, ASR} nicht vorhanden = 0

²⁰⁸ Wartungsfrei (lt. Auskunft durch Händler) = 1
Geringe Wartung erforderlich (lt. Auskunft durch Händler) = 3
Wartung für Verbrennungsmotor = 5
Wartung für Verbrennungsmotor + Antriebsstrang = 6

²⁰⁹ Max. = Maximierungsziel

²¹⁰ Min. = Minimierungsziel

2.3.2.3.1 Wertsynthese aus ordinalen Nutzwerten

Durch Reihung der Ergebniswerte für jede Umweltsituation wird eine ordinale Zielwertmatrix erstellt.

Alternative	Beschleunigung	Anzahl Sitzplätze	Höchstgeschwindigkeit	Audio / IT Ausstattung	Akku-Wartung	Reichweite	Anschaffungskosten	Fixkosten	Variable Kosten	Schnellladung	Kofferraumvolumen max.	Fahrsicherheitssysteme	Geschlossener Aufbau	Wartung	Nutzwert	Rang
1	5,0	5,5	6,0	3,5	5,5	7,0	5,0	4,0	2,0	6,0	5,5	4,5	4,5	1,5	65,5	1
2	4,0	5,5	6,0	3,5	5,5	6,0	6,0	5,0	1,0	6,0	5,5	4,5	4,5	1,5	64,5	3
3	3,0	5,5	3,0	6,0	5,5	4,0	4,0	1,0	6,0	6,0	7,0	4,5	4,5	5,0	65,0	2
4	6,0	5,5	4,0	6,0	1,0	3,0	2,0	6,0	4,0	2,5	2,0	4,5	4,5	5,0	56,0	4
5	1,0	2,5	2,0	2,0	2,5	2,0	3,0	7,0	5,0	2,5	3,0	4,5	4,5	5,0	46,5	6
6	2,0	1,0	1,0	1,0	5,5	1,0	7,0	3,0	7,0	2,5	1,0	1,0	1,0	7,0	41,0	7
7	7,0	2,5	6,0	6,0	2,5	5,0	1,0	2,0	3,0	2,5	4,0	4,5	4,5	3,0	53,5	5

Tabelle 24 und Tabelle 25 zeigen je eine ordinale Zielwertmatrix, die durch Transformation aus der Zielertragsmatrix, wie sie in Tabelle 23 zu sehen, abgeleitet ist.

Alternative	Beschleunigung	Anzahl Sitzplätze	Höchstgeschwindigkeit	Audio / IT Ausstattung	Akku-Wartung	Reichweite	Anschaffungskosten	Fixkosten	Variable Kosten	Schnellladung	Kofferraumvolumen max.	Fahrsicherheitssysteme	Geschlossener Aufbau	Wartung	Nutzwert	Rang
1	5,0	5,5	6,0	3,5	5,5	7,0	5,0	4,0	2,0	6,0	5,5	4,5	4,5	1,5	65,5	1
2	4,0	5,5	6,0	3,5	5,5	6,0	6,0	5,0	1,0	6,0	5,5	4,5	4,5	1,5	64,5	3
3	3,0	5,5	3,0	6,0	5,5	4,0	4,0	1,0	6,0	6,0	7,0	4,5	4,5	5,0	65,0	2
4	6,0	5,5	4,0	6,0	1,0	3,0	2,0	6,0	4,0	2,5	2,0	4,5	4,5	5,0	56,0	4
5	1,0	2,5	2,0	2,0	2,5	2,0	3,0	7,0	5,0	2,5	3,0	4,5	4,5	5,0	46,5	6
6	2,0	1,0	1,0	1,0	5,5	1,0	7,0	3,0	7,0	2,5	1,0	1,0	1,0	7,0	41,0	7
7	7,0	2,5	6,0	6,0	2,5	5,0	1,0	2,0	3,0	2,5	4,0	4,5	4,5	3,0	53,5	5

Tabelle 24: Ordinale Zielwertmatrix 1 für die untersuchten PKW Modelle²¹¹

²¹¹ Die Reihung der Ergebniswerte erfolgt über die in Microsoft Excel verfügbare RANK.AVG() Funktion.

Alternative	Beschleunigung	Anzahl Sitzplätze	Höchstgeschwindigkeit	Audio / IT Ausstattung	Akku-Wartung	Reichweite	Anschaffungskosten	Fixkosten	Variable Kosten	Schnellladung	Kofferraumvolumen max.	Fahrsicherheitssysteme	Geschlossener Aufbau	Wartung	Nutzwert	Rang
1	5	4	5	3	4	7	5	4	2	5	5	2	2	1	54	1
2	4	4	5	3	4	6	6	5	1	5	5	2	2	1	53	3
3	3	4	3	5	4	4	4	1	6	5	7	2	2	4	54	1
4	6	4	4	5	1	3	2	6	4	1	2	2	2	4	46	4
5	1	2	2	2	2	2	3	7	5	1	3	2	2	4	38	6
6	2	1	1	1	4	1	7	3	7	1	1	1	1	7	38	6
7	7	2	5	5	2	5	1	2	3	1	4	2	2	3	44	5

Tabelle 25: Ordinale Zielwertmatrix 2 für die untersuchten PKW Modelle²¹²

Für die Transformation der Zielerträge in ordinale Zielwerte werden zwar unterschiedliche Transformations-Funktionen verwendet, das Ergebnis zeigt sich durchaus vergleichbar. So werden die Ränge 1, 3, 4, 5 und 6 in beiden Varianten der Transformation von denselben Modellen belegt. Die verbleibenden zwei Modelle (*Renault Zoe*, *Renault Twizy*) belegen durch ex-aequo Platzierungen geringfügig andere Ränge; Verschiebungen in der Rangfolge treten durch die unterschiedlichen Transformations-Funktionen nicht auf.

Die Modelle auf den ersten drei Rängen (*Renault Clio dCi*, *Renault Zoe* und *Renault Clio TCe*) unterscheiden sich in ihren Nutzwerten nur sehr geringfügig. Die Ränge 4 (*Nissan Leaf*) und 5 (*Opel Ampera*) liegen mit deutlichem Abstand im Mittelfeld dahinter und die beiden letzten Ränge 6 (*Citroen C-Zero*) und 7 (*Renault Twizy*) liegen wiederum mit deutlichem Abstand hinter dem Mittelfeld.

2.3.2.3.2 Wertsynthese aus nominalen Nutzwerten

Aus der Zielertragsmatrix kann auch eine nominale Zielwertmatrix abgeleitet werden. Die Transformation der Zielerträge in nominale Zielwerte berücksichtigt im Gegensatz zur Transformation in ordinale Werte auch die Abstände der Zielerträge. Tabelle 26 zeigt die nominale Ergebnismatrix für die untersuchten PKW-Modelle.

²¹² Die Reihung der Ergebniswerte erfolgt über die in Microsoft Excel verfügbare RANK.EQ() Funktion.

Alternative	Beschleunigung	Anzahl Sitzplätze	Höchstgeschwindigkeit	Audio / IT Ausstattung	Akku-Wartung	Reichweite	Anschaffungskosten	Fixkosten	Variable Kosten	Schnellladung	Kofferraumvolumen	Fahrsicherheitssysteme	Geschlossener Aufbau	Wartung	Nutzwert	Rang
1	0,74	1,00	1,00	0,75	0,33	1,00	0,61	0,61	0,26	1,00	0,94	1,00	1,00		10,24	1
2	0,69	1,00	1,00	0,75	0,33	0,66	0,66	0,61		1,00	0,94	1,00	1,00		9,64	3
3	0,67	1,00	0,90	1,00	0,33	0,15	0,50		0,73	1,00	1,00	1,00	1,00	0,50	9,78	2
4	0,76	1,00	0,97	1,00	1,00	0,12	0,27	0,80	0,65		0,56	1,00	1,00	0,50	9,62	4
5	0,57	0,80	0,87	0,50	0,67	0,11	0,39	0,83	0,73		0,70	1,00	1,00	0,50	8,66	5
6	0,66	0,40	0,53	0,25	0,33	0,07	0,73	0,34	0,84		0,03			0,83	5,03	7
7	1,00	0,80	1,00	1,00	0,67	0,36		0,34	0,51		0,82	1,00	1,00	0,17	8,65	6

Tabelle 26: Nominale Ergebnismatrix für die untersuchten PKW Modelle²¹³

Die Reihung der Handlungsalternativen nach nominalen Nutzwerten zeigt fast dasselbe Bild wie die Reihung nach ordinalen Nutzwerten unter Verwendung der RANK.AVG()-Funktion für die Bestimmung der Rangziffer. Nach dieser Analyse kommt *Renault Clio dCi* (Rang 1) zu liegen, mit deutlichem Abstand folgt das vordere Mittelfeld mit *Renault Zoe* (Rang 2), *Renault Clio TCe* (3) und *Nissan Leaf* (4) dahinter mit deutlichem Abstand das hintere Mittelfeld mit *Citroen C-Zero* (5) und *Opel Ampera* (6). Ganz deutlich abgeschlagen kommt *Renault Twizy* auf dem letzten Platz zu liegen.

2.3.2.3.3 Wertsynthese durch Zielgewichtung

Zur Zielgewichtung ist die Festlegung von Gewichten für die Umweltzustände erforderlich. Für die konkrete Entscheidungssituation konnte die Tabelle 27 dargestellte Zielgewichtung gefunden werden.

	Beschleunigung	Anzahl Sitzplätze	Höchstgeschwindigkeit	Audio / IT Ausstattung	Akku-Wartung	Reichweite	Anschaffungskosten	Fixkosten	Variable Kosten	Schnellladung	Kofferraumvolumen max.	Fahrsicherheitssysteme	Geschlossener Aufbau	Wartung
Zielgewicht	4	4	1	4	1	9	12	8	6	9	3	11	13	4

Tabelle 27: Gewichtung der Umweltsituationen²¹⁴

²¹³ Die Transformation der Ertragswerte in die Ergebniswerte erfolgt durch Bezug auf das jeweilige Spaltenmaximum. Für *Maximierungsziele* (z.B. Beschleunigung oder die Anzahl der Sitzplätze) erfolgt die Transformation mit der Funktion $u_{i,j} = \frac{e_{i,j}}{\max(e_j)}$; für *Minimierungsziele* (z.B. Anschaffungspreis) erfolgt die Transformation der Ertragswerte in die Ergebniswerte über die Funktion $u_{i,j} = 1 - \frac{e_{i,j}}{\max(e_j)}$

Die Gewichtung der Ziele erfolge zwei Arten – einmal auf der Basis der ordinalen Zielwerte (Tabelle 28) und dann auf der Basis der nominalen Zielwerte (Tabelle 29).

Alternative	Beschleunigung	Anzahl Sitzplätze	Höchstgeschwindigkeit	Audio / IT Ausstattung	Akku-Wartung	Reichweite	Anschaffungskosten	Fixkosten	Variable Kosten	Schnellladung	Kofferraumvolumen max.	Fahrsicherheitssysteme	Geschlossener Aufbau	Wartung	Nutzwert	Rang
	4	4	1	4	1	9	12	8	6	9	3	11	13	4		
1	20,0	22,0	6,0	14,0	5,5	63,0	60,0	32,0	12,0	54,0	16,5	49,5	58,5	6,0	419,0	2
2	16,0	22,0	6,0	14,0	5,5	54,0	72,0	40,0	6,0	54,0	16,5	49,5	58,5	6,0	420,0	1
3	12,0	22,0	3,0	24,0	5,5	36,0	48,0	8,0	36,0	54,0	21,0	49,5	58,5	20,0	397,5	3
4	24,0	22,0	4,0	24,0	1,0	27,0	24,0	48,0	24,0	22,5	6,0	49,5	58,5	20,0	354,5	4
5	4,0	10,0	2,0	8,0	2,5	18,0	36,0	56,0	30,0	22,5	9,0	49,5	58,5	20,0	326,0	5
6	8,0	4,0	1,0	4,0	5,5	9,0	84,0	24,0	42,0	22,5	3,0	11,0	13,0	28,0	259,0	7
7	28,0	10,0	6,0	24,0	2,5	45,0	12,0	16,0	18,0	22,5	12,0	49,5	58,5	12,0	316,0	6

Tabelle 28: Wertsynthese durch Zielgewichtung auf der Basis ordinaler Ergebnisse²¹⁵

Alternative	Beschleunigung	Anzahl Sitzplätze	Höchstgeschwindigkeit	Audio / IT Ausstattung	Akku-Wartung	Reichweite	Anschaffungskosten	Fixkosten	Variable Kosten	Schnellladung	Kofferraumvolumen max.	Fahrsicherheitssysteme	Geschlossener Aufbau	Wartung	Nutzwert	Rang
	4	4	1	4	1	9	12	8	6	9	3	11	13	4		
1	2,98	4,00	1,00	3,00	0,33	9,00	7,35	4,87	1,53	9,00	2,81	11,00	13,00		69,87	1
2	2,77	4,00	1,00	3,00	0,33	5,95	7,90	4,87		9,00	2,81	11,00	13,00		65,63	2
3	2,67	4,00	0,90	4,00	0,33	1,34	5,98		4,40	9,00	3,00	11,00	13,00	2,00	61,62	3
4	3,03	4,00	0,97	4,00	1,00	1,12	3,22	6,42	3,90		1,67	11,00	13,00	2,00	55,32	4
5	2,26	3,20	0,87	2,00	0,67	0,96	4,68	6,67	4,37		2,11	11,00	13,00	2,00	53,78	5
6	2,66	1,60	0,53	1,00	0,33	0,64	8,74	2,75	5,07		0,10			3,33	26,75	7
7	4,00	3,20	1,00	4,00	0,67	3,20		2,68	3,05		2,46	11,00	13,00	0,67	48,92	6

Tabelle 29: Wertsynthese durch Zielgewichtung auf der Basis nominaler Ergebnisse²¹⁶

²¹⁴ Die Gewichtung erfolgte in Abstimmung der späteren Nutzer des Fahrzeuges durch paarweisem Vergleich der einzelnen Umweltsituationen und Identifikation des jeweils wichtigeren Kriteriums. Die Häufigkeit der Nennungen der Wichtigkeit bestimmte das Gewicht des jeweiligen Kriteriums.

²¹⁵ Die Gewichtung erfolgt auf der Basis der Ergebnisse aus Tabelle 24.

²¹⁶ Die Gewichtung erfolgt auf der Basis der Ergebnisse aus Tabelle 26.

In Zeile 2 von Tabelle 28 und Tabelle 29 sind jeweils die Gewichte aus Tabelle 27 angegeben, mit dem die Zielwerte für die multipliziert werden. Auch die Analyse der gewichteten Ergebnisse für die Umweltsituationen der einzelnen Aktionen zeigt ein vertrautes Bild. Die beiden *Renault Clio* belegen abwechselnd die ersten beiden Ränge. Dahinter folgen in gleicher Rangfolge *Renault Zoe* (3), *Nissan Leaf* (4), *Citroen C-Zero* (5), *Opel Ampera* (6) und der *Renault Twizy* deutlich abgeschlagen auf dem letzten Rang. In der gewichteten Auswertung auf Basis ordinaler Nutzwerte liegen die beiden *Renault Clio* nur unwesentlich getrennt während in der gewichteten Auswertung auf der Basis nominaler Nutzwerte *Renault Clio dCi* doch sehr deutlich vor dem *Renault Clio TCe* liegt.

2.3.2.3.4 Wertsynthese über lexikografische Ordnung

Mit der lexikografischen Ordnung die Ziele der Handlungsalternativen nach absteigendem Gewicht der Ziele miteinander verglichen. Ein Ziel mit niedrigerem Gewicht wird erst relevant, wenn der Vergleich der Ausprägungen der Ziele mit höheren Gewichten zu keiner Entscheidung geführt hat.²¹⁷

Die Reihung der Ziele, wie sie in Tabelle 27 gefunden wurde, wird auch als Basis für die lexikografische Ordnung verwendet. Gemeinsam mit den ordinalen Nutzwerten aus Tabelle 24 wird diese in Tabelle 30 dargestellt und in Tabelle 31 in die lexikografische Ordnung gebracht. In Zeile 2 der Tabelle 30 ist das Gewicht für die jeweilige Umweltsituation angegeben.

Alternative	Beschleunigung	Anzahl Sitzplätze	Höchstgeschwindigkeit	Audio / IT Ausstattung	Akku-Wartung	Reichweite	Anschaffungskosten	Fixkosten	Variable Kosten	Schnellladung	Kofferraumvolumen max.	Fahrsicherheitssysteme	Geschlossener Aufbau	Wartung
	4	4	1	4	1	9	12	8	6	9	3	11	13	4
1	5,0	5,5	6,0	3,5	5,5	7,0	5,0	4,0	2,0	6,0	5,5	4,5	4,5	1,5
2	4,0	5,5	6,0	3,5	5,5	6,0	6,0	5,0	1,0	6,0	5,5	4,5	4,5	1,5
3	3,0	5,5	3,0	6,0	5,5	4,0	4,0	1,0	6,0	6,0	7,0	4,5	4,5	5,0
4	6,0	5,5	4,0	6,0	1,0	3,0	2,0	6,0	4,0	2,5	2,0	4,5	4,5	5,0
5	1,0	2,5	2,0	2,0	2,5	2,0	3,0	7,0	5,0	2,5	3,0	4,5	4,5	5,0
6	2,0	1,0	1,0	1,0	5,5	1,0	7,0	3,0	7,0	2,5	1,0	1,0	1,0	7,0
7	7,0	2,5	6,0	6,0	2,5	5,0	1,0	2,0	3,0	2,5	4,0	4,5	4,5	3,0

Tabelle 30: Basisdaten für die lexikografische Ordnung nach ordinalen Zielwerten

²¹⁷ Vgl. (5), S. 322

	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
1	4,5	9,5	14,0	14,0	27,0	31,0	31,0	33,0	33,0	48,5	54,0	54,0	65,5
2	4,5	10,5	15,0	15,0	27,0	32,0	32,0	33,0	33,0	47,5	53,0	53,0	64,5
3	4,5	8,5	13,0	13,0	23,0	24,0	24,0	30,0	30,0	49,5	56,5	56,5	65,0
4	4,5	6,5	11,0	11,0	16,5	22,5	22,5	26,5	26,5	49,0	51,0	51,0	56,0
5	4,5	7,5	12,0	12,0	16,5	23,5	23,5	28,5	28,5	39,0	42,0	42,0	46,5
6	1,0	8,0	9,0	9,0	12,5	15,5	15,5	22,5	22,5	33,5	34,5	34,5	41,0
7	4,5	5,5	10,0	10,0	17,5	19,5	19,5	22,5	22,5	41,0	45,0	45,0	53,5

Tabelle 31: Wertsynthese nach lexikografischer Ordnung auf Basis ordinaler Zielwerte

Die Auswertung nach der lexikografischen Ordnung weist den *Renault Clio TCe* als die Handlungsalternative der ersten Wahl aus. Nach Auswertung des Zieles *Geschlossener Aufbau*, als Ziel mit dem höchsten Gewicht (Gewicht: 13) scheidet der *Renault Twizy* aus. Nach Bewertung des Zieles *Anschaffungskosten* (Gewicht: 12) bleibt *Renault Clio TCe* mit dem geringsten Anschaffungskosten Sieger.

Eine lexikografische Ordnung kann auch auf der Basis nominaler Zielwerte aufgestellt werden. Wieder ist dazu die Basis die Gewichtung wie in Tabelle 27 zu sehen. Gemeinsam mit den nominalen Zielwerten aus Tabelle 26 bilden sie die Basis die in Tabelle 32 zu sehen ist. Aus diesen Basisdaten wird die in Tabelle 33 dargestellte lexikografische Ordnung auf der Basis nominaler Zielwerte abgeleitet.

Alternative	Beschleunigung	Anzahl Sitzplätze	Höchstgeschwindigkeit	Audio / IT Ausstattung	Akku-Wartung	Reichweite	Anschaffungskosten	Fixkosten	Variable Kosten	Schnellladung	Kofferraumvolumen max.	Fahrsicherheitssysteme	Geschlossener Aufbau	Wartung
	4	4	1	4	1	9	12	8	6	9	3	11	13	4
1	0,74	1,00	1,00	0,75	0,33	1,00	0,61	0,61	0,26	1,00	0,94	1,00	1,00	
2	0,69	1,00	1,00	0,75	0,33	0,66	0,66	0,61		1,00	0,94	1,00	1,00	
3	0,67	1,00	0,90	1,00	0,33	0,15	0,50		0,73	1,00	1,00	1,00	1,00	0,50
4	0,76	1,00	0,97	1,00	1,00	0,12	0,27	0,80	0,65		0,56	1,00	1,00	0,50
5	0,57	0,80	0,87	0,50	0,67	0,11	0,39	0,83	0,73		0,70	1,00	1,00	0,50
6	0,66	0,40	0,53	0,25	0,33	0,07	0,73	0,34	0,84		0,03			0,83
7	1,00	0,80	1,00	1,00	0,67	0,36		0,34	0,51		0,82	1,00	1,00	0,17

Tabelle 32: Basisdaten für die lexikografische Ordnung nach nominalen Nutzwerten

	13	12	11	10	9	8	6	5	4	3	2	1
1	1,00	1,61	2,61	2,61	4,61	5,22	5,48	5,48	7,97	8,91	8,91	10,24
2	1,00	1,66	2,66	2,66	4,32	4,93	4,93	4,93	7,37	8,31	8,31	9,64
3	1,00	1,50	2,50	2,50	3,65	3,65	4,38	4,38	7,55	8,55	8,55	9,78
4	1,00	1,27	2,27	2,27	2,39	3,20	3,85	3,85	7,10	7,66	7,66	9,62
5	1,00	1,39	2,39	2,39	2,50	3,33	4,06	4,06	6,42	7,13	7,13	8,66
6		0,73	0,73	0,73	0,80	1,14	1,99	1,99	4,14	4,17	4,17	5,03
7	1,00	1,00	2,00	2,00	2,36	2,69	3,20	3,20	6,17	6,99	6,99	8,65

Tabelle 33: Wertsynthese nach lexikografischer Ordnung auf Basis nominaler Nutzwerte

Auch in der Auswertung nach lexikografischer Ordnung auf der Basis nominaler Zielwerte fällt die Entscheidung auf den *Renault Clio TCe*. Wie in der Auswertung auf der Basis ordinaler Zielwerte gibt das Ziel der *Anschaffungskosten* (Gewicht: 12) den Ausschlag.

In beiden lexikografischen Ordnungen (sowohl auf der Basis ordinaler als auch auf der Basis nominaler Zielwerte) ist auch die Reihung der nachfolgenden Handlungsalternativen gleichlautend. Den zweiten Rang belegt in beiden Auswertungen der *Renault Clio dCi* und den dritten Rang der *Renault Zoe*.

2.3.2.3.5 Wertsynthese durch Maximierung des minimalen Zielerreichungsgrades

Die Maximierung des minimalen Zielerreichungsgrades, auch als Pessimistenregel bezeichnet²¹⁸, stellt eine weitere Entscheidungsregel dar. Die Wertsynthese erfolgt auf der Basis der ordinalen Zielwertmatrix (Tabelle 24) und führt zum Ergebnis wie in Tabelle 34 dargestellt.

Alternative	Beschleunigung	Anzahl Sitzplätze	Höchstgeschwindigkeit	Audio / IT Ausstattung	Akku-Wartung	Reichweite	Anschaffungskosten	Fixkosten	Variable Kosten	Schnellladung	Kofferraumvolumen max.	Fahrsicherheitssysteme	Geschlossener Aufbau	Wartung	Nutzwert
	7,0	5,5	6,0	6,0	5,5	7,0	7,0	7,0	7,0	6,0	7,0	4,5	4,5	7,0	
1	0,71	1,00	1,00	0,58	1,00	1,00	0,71	0,57	0,29	1,00	0,79	1,00	1,00	0,21	0,21
2	0,57	1,00	1,00	0,58	1,00	0,86	0,86	0,71	0,14	1,00	0,79	1,00	1,00	0,21	0,14
3	0,43	1,00	0,50	1,00	1,00	0,57	0,57	0,14	0,86	1,00	1,00	1,00	1,00	0,71	0,14
4	0,86	1,00	0,67	1,00	0,18	0,43	0,29	0,86	0,57	0,42	0,29	1,00	1,00	0,71	0,18
5	0,14	0,45	0,33	0,33	0,45	0,29	0,43	1,00	0,71	0,42	0,43	1,00	1,00	0,71	0,14
6	0,29	0,18	0,17	0,17	1,00	0,14	1,00	0,43	1,00	0,42	0,14	0,22	0,22	1,00	0,14
7	1,00	0,45	1,00	1,00	0,45	0,71	0,14	0,29	0,43	0,42	0,57	1,00	1,00	0,43	0,14

Tabelle 34: Zielwertmatrix (ungewichtet) für die Wertsynthese nach der Pessimistenregel

²¹⁸ Vgl (5), S. 322

In Zeile 2 von Tabelle 34 wird das jeweilige Spaltenmaximum angegeben. Die Entscheidung nach der Pessimistenregel auf der Basis ordinaler Zielwerte lässt den *Renault Clio dCi* als die günstigste Alternative erscheinen gefolgt vom *Nissan Leaf*.

2.3.2.3.6 Wertsynthese durch Goal-Programming

Die Wertsynthese durch Goal-Programming auf der Basis ordinaler Zielwerte ist in Tabelle 35 zu sehen. Als Basis für diese Auswertung wird die in Tabelle 24 dargestellte Zielwertmatrix verwendet. Als Zielwerte werden die jeweiligen Spaltenmaxima verwendet. Der Zielwert je Spalte wird in der zweiten Zeile von Tabelle 35 wiedergegeben.

Alternative	Beschleunigung	Anzahl Sitzplätze	Höchstgeschwindigkeit	Audio / IT Ausstattung	Akku-Wartung	Reichweite	Anschaffungskosten	Fixkosten	Variable Kosten	Schnellladung	Kofferraumvolumen max.	Fahrsicherheitssysteme	Geschlossener Aufbau	Wartung	Nutzwert	Rang
	7,0	5,5	6,0	6,0	5,5	7,0	7,0	7,0	7,0	6,0	7,0	4,5	4,5	7,0		
1	2,0			2,5			2,0	3,0	5,0		1,5			5,5	21,5	1
2	3,0			2,5		1,0	1,0	2,0	6,0		1,5			5,5	22,5	3
3	4,0		3,0			3,0	3,0	6,0	1,0					2,0	22,0	2
4	1,0		2,0		4,5	4,0	5,0	1,0	3,0	3,5	5,0			2,0	31,0	4
5	6,0	3,0	4,0	4,0	3,0	5,0	4,0		2,0	3,5	4,0			2,0	40,5	6
6	5,0	4,5	5,0	5,0		6,0		4,0		3,5	6,0	3,5	3,5		46,0	7
7		3,0			3,0	2,0	6,0	5,0	4,0	3,5	3,0			4,0	33,5	5

Tabelle 35: Wertsynthese auf der Basis ordinaler Zielwerte durch Goal-Programming

Nach dieser Entscheidungsregel ist dem *Renault Clio dCi* der Vorzug zu geben. Er erfüllt die ordinalen Ziele mit den geringsten Abweichungen.

2.3.2.4 Die Kosten-Wirksamkeits-Analyse

Nach der Nutzwertanalyse unter Anwendung vieler Entscheidungsregeln soll nun auch die Entscheidungssituation mit Hilfe der Kosten-Wirksamkeits Analyse beleuchtet werden.

Dazu werden die in Kapitel 2.3.2.1 (Der Vergleich nach der statischen Kostenvergleichsrechnung) ermittelten Kosten, die in Kapitel 2.3.2.2 (Der Vergleich nach der Kapitalbarwertmethode) ermittelten Kapitalbarwerte herangezogen. Aus der Vielzahl der Nutzwerte werden für die Kosten-Wirksamkeits Analyse die nominalen Zielwerte (vgl. Tabelle 26: Nominale Ergebnismatrix für die untersuchten PKW Modelle) sowie die gewichteten nominalen Zielwerte (vgl. Tabelle 29: Wertsynthese durch Zielgewichtung auf der Basis nominaler Ergebnisse) herangezogen. Auf der Basis der genannten Tabellen werden nur die nicht-monetären Zielwerte verwendet – die Anschaffungskosten, die fixen Kosten sowie die variablen Kosten entfallen für die Wertsynthese. Die daraus abgeleiteten Zielwertmatrizen sind in Tabelle 36 sowie in Tabelle 37 dargestellt.

Alternative	Beschleunigung	Anzahl Sitzplätze	Ideale Höchstgeschwindigkeit	Audio / IT Ausstattung	Akku-Wartung	Reichweite	Schnellladung	Kofferraumvolumen max.	Fahrsicherheitssysteme	Geschlossener Aufbau	Wartung	Nutzwert
1	0,74	1,00	1,00	0,75	0,33	1,00	1,00	0,94	1,00	1,00		8,76
2	0,69	1,00	1,00	0,75	0,33	0,66	1,00	0,94	1,00	1,00		8,37
3	0,67	1,00	0,90	1,00	0,33	0,15	1,00	1,00	1,00	1,00	0,50	8,55
4	0,76	1,00	0,97	1,00	1,00	0,12		0,56	1,00	1,00	0,50	7,90
5	0,57	0,80	0,87	0,50	0,67	0,11		0,70	1,00	1,00	0,50	6,71
6	0,66	0,40	0,53	0,25	0,33	0,07		0,03			0,83	3,12
7	1,00	0,80	1,00	1,00	0,67	0,36		0,82	1,00	1,00	0,17	7,81

Tabelle 36: Zielwertmatrix für nicht-monetäre Zielwerte

Alternative	Beschleunigung	Anzahl Sitzplätze	Höchstgeschwindigkeit	Audio / IT Ausstattung	Akku-Wartung	Reichweite	Anschaffungskosten	Fixkosten	Variable Kosten	Schnellladung	Kofferraumvolumen max.	Fahrsicherheitssysteme	Geschlossener Aufbau	Wartung	Nutzwert
1	2,98	4,00	1,00	3,00	0,33	9,00	7,35	4,87	1,53	9,00	2,81	11,00	13,00		56,12
2	2,77	4,00	1,00	3,00	0,33	5,95	7,90	4,87		9,00	2,81	11,00	13,00		52,86
3	2,67	4,00	0,90	4,00	0,33	1,34	5,98		4,40	9,00	3,00	11,00	13,00	2,00	51,24
4	3,03	4,00	0,97	4,00	1,00	1,12	3,22	6,42	3,90		1,67	11,00	13,00	2,00	41,78
5	2,26	3,20	0,87	2,00	0,67	0,96	4,68	6,67	4,37		2,11	11,00	13,00	2,00	38,06
6	2,66	1,60	0,53	1,00	0,33	0,64	8,74	2,75	5,07		0,10			3,33	10,19
7	2,98	3,20	1,00	3,00	0,22	3,20		1,63	0,78		2,30	11,00	13,00		39,90

Tabelle 37: Zielwertmatrix für gewichtete nicht-monetäre Zielwerte

Tabelle 38 zeigt als Basisdaten für die Kosten-Wirksamkeits Analyse die Ergebnisse aus der statischen Kostenvergleichsrechnungen, der Kapitalbarwertberechnungen sowie die Ergebnisse der Wertsynthese aus nominalen Nutzwerten sowie gewichteten, nominalen Nutzwerten.

Die Quotientenbildung der Kosten durch die Nutzwerte für die oben angeführten Kombinationen sind in Tabelle 39 dargestellt.

Alternative	Nutzwerte (nominal)	Nutzwerte (nominal weighted)	Kosten (8 Jahre)	Kosten (5 Jahre)	Kapitalbarwert (8 Jahre)	Kapitalbarwert (5 Jahre)
1	8,76	56,12	3746,24	3812,99	-27639,88	-24131,30
2	8,37	52,86	3751,49	3810,36	-27655,11	-23392,31
3	8,55	51,24	3660,12	3250,86	-26989,07	-23068,66
4	7,90	41,78	4145,89	3466,39	-30664,36	-29199,25
5	6,71	38,06	3267,86	2730,63	-24170,82	-23038,43
6	3,12	10,19	1667,37	1527,99	-12274,55	-9840,10
7	7,81	39,90	7607,30	7779,43	-56234,81	-52549,76

Tabelle 38: Basisdaten für die Kosten-Wirksamkeits Analyse

Alternative	Kosten (8 Jahre) / Nutzwert(nominal)	Rang	Kosten (5 Jahre) / Nutzwert(nominal)	Rang	Kapitalbarwert (8 Jahre) / Nutzwert(nominal)	Rang	Kapitalbarwert (5 Jahre) / Nutzwert(nominal)	Rang	Kosten (8 Jahre) / Nutzwert(nominal weighted)	Rang	Kosten (5 Jahre) / Nutzwert(nominal weighted)	Rang	Kapitalbarwert (8 Jahre) / Nutzwert(nominal weighted)	Rang	Kapitalbarwert (5 Jahre) / Nutzwert(nominal weighted)	Rang
1	427,52	1	435,14	3	-3154,28	1	-2753,88	2	66,76	1	67,95	2	-492,56	1	-430,03	1
2	448,06	3	455,10	5	-3303,03	3	-2793,90	3	70,97	2	72,08	4	-523,15	2	-442,51	2
3	428,12	2	380,25	1	-3156,86	2	-2698,30	1	71,43	3	63,44	1	-526,68	3	-450,17	3
4	524,63	5	438,64	4	-3880,31	5	-3694,91	6	99,24	5	82,97	5	-733,99	5	-698,92	5
5	487,15	4	407,07	2	-3603,24	4	-3434,43	5	85,85	4	71,74	3	-635,01	4	-605,26	4
6	534,81	6	490,10	6	-3937,05	6	-3156,21	4	163,57	6	149,90	6	-1204,13	6	-965,31	6
7	974,13	7	996,18	7	-7201,01	7	-6729,13	7	190,66	7	194,97	7	-1409,40	7	-1317,04	7

Tabelle 39: Kosten-Wirksamkeits Analyse für die untersuchten PKWs

Die Kosten-Wirksamkeits Analyse zeigt den *Renault Clio dCi* in 5 von 8 Kombinationen auf Rang 1, zweimal auf dem zweiten Rang und einmal auf Rang 3. Der *Renault Zoe* rangiert dreimal auf dem ersten Rang, zweimal auf dem zweiten und dreimal auf dem dritten Rang. Außer diesen beiden genannten Modellen kann keiner einen ersten Platz belegen. Die Positionen am Ende der Rangliste sind ebenfalls sehr deutlich belegt. Den letzten Rang in jeder Kombination aus Kostenwert bzw. Nutzwert belegt der *Opel Ampera*, den vorletzten Platz der *Renault Twizy*.

Werden die Ergebnisse aller Kombinationen der Kosten-Wirksamkeits Analyse konsolidiert, zeigt sich das Bild wie in Tabelle 40 dargestellt. Für die Konsolidierung der Ergebnisse wurde die Summe über die Rangpositionen der einzelnen Kombinationen aus Kosten-Wert und Nutzwert gebildet.

Alternative	Marke	Modell	Variante	Rangsumme
1	Renault	Clio	Expression ENERGY dCi 90 83g	12
2	Renault	Clio	Expression ENERGY TCe 90 99g	24
3	Renault	Zoe	Intense	16
4	Nissan	Leaf		40
5	Citroen	C-Zero	Seduction	30
6	Renault	Twizy	Urban 80	46
7	Opel	Ampera		56

Tabelle 40: Konsolidiertes Ergebnis der Kosten-Wirksamkeits Analyse

Das konsolidierte Ergebnis der Kosten-Wirksamkeits Analyse zeigt den *Renault Clio dCi* vor dem *Renault Zoe* gefolgt vom *Renault Clio TCe*. Mit deutlichem Abstand folgen auf dem vierten Rang der *Citroen C-Zero* und der *Nissan Leaf* auf dem fünften Rang.

2.3.3 Kritische Betrachtung

Nach Abschluss der Untersuchung zeigt sich für den Autor, dass die Betrachtung der Kosten alleine nicht geeignet ist, eine Entscheidung über die zur Auswahl stehenden Alternativen zu treffen. Eine Betrachtung der Kosten alleine wäre ausreichen, wenn die Handlungsalternativen gleiche oder nur geringfügig abweichende Nutzwerte aufwiesen. Die Unterschiede in den nicht-monetären Nutzwerten sind im gegenständlichen Fall jedoch zu groß, um eine Entscheidung auf die Betrachtung der Kosten reduzieren zu können. Eine Reduktion der Entscheidung auf die Betrachtung der Kosten alleine wäre zulässig, würden beispielsweise unterschiedliche Finanzierungsformen für ein und dasselbe Investitionsobjekt miteinander verglichen werden.

Die Berücksichtigung der Nutzwerte für die Entscheidungsfindung führt naturgemäß zu einer Subjektivierung der Entscheidung. Sowohl die Auswahl der Zielkriterien als auch die Bestimmung der Gewichtung kann nicht objektiv sein, wenn sie vom Entscheider selbst vorgenommen wird. Bei dieser Untersuchung war der Autor stets bemüht, eine allfällige Voreingenommenheit durch objektiviertes Vorgehen so weit wie möglich zu vermeiden. Sowohl die Auswahl der Zielkriterien für die Bewertung der Alternativen als auch deren Gewichtung wurden von mehreren Personen vorgenommen.

Umso erstaunlicher ist es für den Autor, dass das objektiviertes Verfahren trotz subjektiver Aspekte zu einem Ergebnis geführt hat, mit dem der Autor vor Beginn der Untersuchung nicht gerechnet hat. Eine Entscheidung, die *aus dem Bauch heraus* vor Beginn der Untersuchung getroffen worden wäre, hätte zu einem anderen Ergebnis geführt, als es das objektiviertes Verfahren letztendlich als vernünftig erscheinen lässt.

Die Wahl der Zielkriterien stellte den Autor vor eine größere Aufgabe, als sie anfangs erscheinen wollte. Mehrmals wurden nach reiflicher Überlegung Zielkriterien geändert bzw.

ausgetauscht. So erschienen anfänglich die Motorleistung und das Motordrehmoment als relevante Kriterien. Beide wurden nach eingehender Beurteilung ersetzt. Die Motorleistung wurde durch die erreichbare Höchstgeschwindigkeit ersetzt weil die tatsächlich erreichbare Höchstgeschwindigkeit ein aussagekräftigeres Kriterium darstellt. Die Motorleistung ist zwar der maßgebliche Parameter für die Erreichung einer bestimmten Höchstgeschwindigkeit, die tatsächlich erreichte Höchstgeschwindigkeit ist aber Dasselbe gilt für das Motordrehmoment, dessen Aussagekraft geringer ist, als die tatsächlich erreichbare Beschleunigung. Die Motorleistung ist zwar auch relevant für die Einstufung der Versicherungsklasse. Dieses Ziel wird aber bereits durch die Versicherungsprämie als Teil der fixen Kosten berücksichtigt.

Wie Stelling ausführt,²¹⁹ ist die Auswertung nach lexikografischer Ordnung gleichbedeutend mit der Unterdrückung der nach ihrem Gewicht nachgereihten Ziele. In diesem Beispiel zeigt sowohl die lexikografische Auswertung auf der Basis ordinaler Nutzwerte als auch auf der Basis nominaler Nutzwerte, dass die nachgereihten Ziele das Ergebnis noch maßgeblich beeinflussen können. So belegt der nach lexikografischer Auswertung erstgereimte Wahl in der zielgewichteten Auswertung nur den dritten Rang sowohl auf der Basis ordinaler als auf der Basis nominaler Zielwerte. Der Autor stuft die lexikografische Ordnung als Entscheidungsregen in diesem konkreten Anwendungsfall als wenig aussagekräftig ein.

Die Wertsynthese durch Goal-Programming (vgl. Tabelle 35) bringt in dieser konkreten Entscheidungssituation keine neuen Ergebnisse. Für jedes berücksichtigte Kriterium wird als Zielwert das jeweilige Spaltenmaximum aus der Zielwertmatrix herangezogen. Betrachtet man die Ergebnisse im Detail, wird erkennbar, dass diese Wertsynthese-Methode zur gleichen Reihung der Handlungsalternativen führt, wie die einfache Wertsynthese nach ordinalen Nutzwerten (vgl. Tabelle 24). Erklärbar ist dies dadurch, dass sich die Spaltenmaxima zum Wert 87 summieren. Der Nutzwert nach der Wertsynthese aus ordinalen Nutzwerten (Tabelle 24) addiert mit dem Nutzwert aus der Wertsynthese durch Goal-Programming (Tabelle 35) ergibt genau das Spaltenmaximum.

Die Anwendung jeder einzelnen Entscheidungsregel führt zwar zu einem Ergebnis, der Autor misst einem solchen einzelnen Ergebnis jedoch keine hinreichende Aussagekraft bei, um darauf aufbauend eine Entscheidung treffen zu können. Erst die Zusammenschau der Ergebnisse mehrerer Entscheidungsregeln liefert für den Autor ein vollständiges und Sicherheit vermittelndes Bild. Eine Sicherheit die sicherlich sehr subjektiv ist.

Der Kombination aus Kostenbetrachtung und Nutzwertanalyse in Form der Kosten-Wirksamkeits Betrachtung misst der Autor eine hohe Aussagekraft bei. Die statische Kostenvergleichsrechnung und die Kapitalbarwertmethode liefern eine für den Autor vertrau-

²¹⁹ Vgl. (5), S. 322

enswürdigere Aussage über den Kostenaspekt als diese im Rahmen der Nutzwertanalyse gewonnen werden kann. Die Nutzwertanalyse hält der Autor für geeignet, um eine Aussage über den Nutzwert nicht-monetärer Ziele zu liefern

3 Schlussbetrachtung

3.1 Ergebnisse

Die vorgenommene Gegenüberstellung von 7 Handlungsalternativen hat nach Analyse anhand mehrerer, unterschiedlicher Methoden zu einem für den Autor deutlichen Bild geführt. Bewusst wurden drei Handlungsalternativen gewählt, die in ihren Leistungsdaten (Abmessungen innen und außen, Bauform, Leistungsdaten wie Beschleunigung und erzielbare Geschwindigkeit) eine hohe Ähnlichkeit aufweisen, sich aber im Antriebskonzept unterscheiden – *Renault Clio dCi*, *Renault Clio TCe* sowie *Renault Zoe*. Die hohe Ähnlichkeit dieser drei Modelle zeigt sich in vielen Bereichen der Analysen – häufig liegen diese drei Alternativen sehr eng gereiht.

Andere Alternativen scheiden bereits sehr deutlich aus. Die hohen Kosten lassen den *Opel Ampera* meist sehr deutlich als eine unattraktive Alternative erscheinen. Fehlende Funktionalität führen zum Ausscheiden des *Renault Twizy*. Dazu zählen der offene Aufbau, dem in der Gewichtung eine hohe Bedeutung zugemessen wird, sowie die fehlende Reichweite und die geringe Personen- und Gütertransportkapazität. Renault Twizy wurde in die Menge der Handlungsalternativen aufgenommen, um die ursprüngliche Annahme zu überprüfen, dass es sich bei diesem Modell um eine für diesen Anwendungsfall grundsätzlich ungeeignete Alternative handelt. Diese Voreingenommenheit könnte zwar dazu führen, dass der *Renault Twizy* eben deshalb sich als ungeeignet herausstellt. Der Autor betont aber, bei der Wahl der Kriterien und bei der Zielgewichtung bewusst unvoreingenommen gehandelt zu haben.

Der *Nissan Leaf* und *Citroen C-Zero* liegen meist im Mittelfeld. Beide Modelle ragen selten (weder im Positiven noch im Negativen) aus dem Gesamtfeld heraus.

Auf Basis dieses Untersuchungsergebnisses und für den zugrunde gelegten Anwendungsfall scheint der Kauf eines ZEV noch nicht die erste Wahl zu sein. Zwar taucht bei mehreren Vergleichsmethoden ein ZEV an erster Position auf, jedoch festigt sich beim Autor die Überzeugung, dass ein verbrauchsoptimierter Verbrennungsmotor zwar ökologische Nachteile gegenüber einem ZEV aufweist, die Vorteile in der Alltagverwendbarkeit diese ökologischen Nachteile überkompensieren.

Der Autor gesteht, dass er vor der systematischen Untersuchung, hätte er eine Bauchentscheidung treffen müssen zum *Renault Zoe* gegriffen hätte, zumal die Förderungssituation (insbesondere im Bundesland Salzburg) aktuell besonders verlockend ist. Nicht zuletzt auch praktische Erfahrungen mit ZEV im Rahmen von Probefahrten waren geeignet, das oben gefundene Ergebnis zu unterstützen.

3.2 Maßnahmen

Die Erfahrungen aus dieser systematischen Untersuchung lassen sich für den Autor die folgenden Maßnahmen ableiten.

1. Die Detailergebnisse dieser Arbeit beinhalten reichhaltiges Material, das in der Argumentation in konkreten Verkaufsgesprächen verwendbar ist. Der Autor hält es für möglich, mit Argumenten positive Verhandlungsergebnisse erzielen zu können.
2. Für den konkreten Kauf eines PKW für die in dieser Arbeit zugrunde gelegten Anwendungsfälle wird der Autor die Ergebnisse aus dieser Arbeit verwenden, um in konkreten Verkaufsgesprächen den in dieser Arbeit noch unberücksichtigt gebliebenen Aspekt allfälliger Preisminderungen zu betrachten. In einer Neuberechnung der Nutz-, Kosten- und Barwerte könnte dies zu einer Verschiebung der Reihung führen.
3. Im Nachgang zur Investitionsentscheidung ist die Frage der Finanzierung zu klären. Für diese Aufgabenstellung hält die Investitionsentscheidungsrechnung geeignete Methoden bereit.
4. Während dieser Arbeit entstand ein umfassendes Excel-Dokument, in dem alle Berechnungen von Kapitalbarwerten, statischen Kostenvergleichen, Nutzwerten und Kosten-Wirksamkeits Quotienten auf der Basis von allgemein gültigen Rahmenparametern erfolgen. Dieses Werk ist so aufgebaut, dass es leicht erweitert werden kann und dadurch weiterer Handlungsalternativen berücksichtigt werden können.

3.3 Konsequenzen

Auch wenn der Aufwand für die systematische Analyse von Handlungsalternativen als hoch einzustufen ist, ist der Autor nicht zuletzt auch aus den Erfahrungen dieser konkreten Arbeit davon überzeugt, dass das Ergebnis den Aufwand rechtfertigt. Im konkreten beruflichen Umfeld des Autors wird die systematische Erarbeitung von Entscheidungen zu Fragestellungen mit einer bestimmten Tragweite in Hinkunft öfter nach einer objektivierten Methode vollzogen werden.

Insbesondere wird die Kosten-Wirksamkeits Analyse vom Autor als geeignetste Methode zur Entscheidungsfindung eingeschätzt, weil sie das Rationalprinzip (konkret das Optimumprinzip) ideal implementiert. Die Bewertung der Kosten für eine Handlungsalternative kann getrennt von der Bewertung des erzielbaren Nutzens erfolgen. Durch diese Trennung der Bewertung der Kosten von den Nutzwerten, die auch von unterschiedlichen Personen(-gruppen) ausgearbeitet werden können, ist eine Steigerung der Objektivität in der Entscheidungsfindung zu erwarten.

Literaturverzeichnis

1. **Wikipedia.** Well-to-Tank. *Wikipedia*. [Online] August 15, 2012. [Cited: September 16, 2012.] <http://de.wikipedia.org/wiki/Well-to-Tank>.
2. **Wöhe, Günter und Döring, Ulrich.** *Einführung in die Allgemeine Betriebswirtschaftslehre*. 23., völlig neu bearbeitete Auflage. München : Verlag Franz Vahlen GmbH, 2008. ISBN 978-3-8006-3524-5.
3. **Urbatsch, René-Claude.** *Konventionelle Investitionsrechenverfahren kritischer Vergleich unter besonderer Berücksichtigung des vollständigen Finanzplanes*. Fürth : s.n., 2007. p. 57.
4. **Stowasser, Josef M., Petschenig, M. und Skutsch, F.** *Der kleine Stowasser*. Wien : Holder - Pichler - Tempsky, 1980. ISBN 3-209-00225-8.
5. **Stelling, Johannes N.** *Kostenmanagement und Controlling*. 3., unveränderte Auflage. München : Oldenburg Wissenschaftsverlag GmbH, 2009. ISBN 978-3-4686-58780-7.
6. **Platzer, Mario.** *Mobilität von Arbeitnehmer/innen im großflächigen Einzelhandel - Befragung zum Mobilitätsverhalten Endbericht*. Graz : Arbeiterkammer Steiermark, Abteilung Wirtschaftspolitik, 2010.
7. **Peters, Sönke and Bühl, Rolf.** *Betriebswirtschaftslehre: Einführung*. 12. durchges. Aufl. München, Wien : Oldenburg Verlag, 2005. ISBN 3-486-57685-2.
8. **Kruschwitz, Lutz.** *Investitionsrechnung*. 12. Auflage. München : Oldenburg Wissenschaftsverlag GmbH, 2009. ISBN 978-3-486-58766-1.
9. **Köppl, Angela and Wüger, Michael.** *Determinanten der Energienachfrage der privaten Haushalte unter Berücksichtigung von Lebensstilen*. Wien : Österreichischen Institut für Wirtschaftsforschung (WIFO), 2007.
10. **Jahrmann, Fritz-Ulrich.** *Finanzierung*. 6. vollständig überarbeitete Auflage. Herne : Verlag Neue Wirtschafts-Briefe GmbH & Co. KG, 2009. ISBN 978-3-482-46756-8.
11. **Hirshleifer, Jack.** On the theory of optimal investment decision. *Journal of Political Economy*. August 1958, Vol. 66, 4, pp. 329-352.
12. **Fisher, Irving.** *The Theory of Interest: As Determined by Impatience to Spend Income and Opportunity to Invest it*. New York : Macmillan, 1930.

13. **Baßeler, Ulrich, Heinrich, Jürgen und Utecht, Burkhard.** *Grundlagen und Probleme der Volkswirtschaftslehre*. 18. Auflage. Stuttgart : Schäffer-Pöschl Verlag für Wirtschaft - Steuern - Recht GmbH, 2006. ISBN 978-3-7910-2437-0.
14. **Europäische Kommission.** *KRAFTFAHRZEUGVERTRIEB UND -KUNDENDIENST IN DER EUROPÄISCHEN UNION*. Brüssel : Europäische Kommission, 2002. p. 103.
15. **Dostrovski, Günther [Hrsg.].** *Duden Deutsches Universalwörterbuch*. 2., völlig neu bearb. u. stark erw. Aufl. Mannheim, Wien, Zürich : Dudenverlag, 1989. ISBN 3-411-02176-4.
16. **F. A. Brockhaus [Hrsg.].** *Der Volks-Brockhaus A-Z*. Leipzig : F.A. Brockhaus, 1939.
17. —. *Brockhaus Enzyklopädie - 9. Band*. 19., völlig neu bearbeitete Ausgabe. Mannheim : F.A. Brockhaus GmbH, 1989. Vol. 9. ISBN 3-7653-1109-X.
18. —. *Brockhaus Enzyklopädie - 8. Band*. 19., völlig neu bearbeitete Auflage. Mannheim : F. A. Brockhaus GmbH, 1989. Vol. 8. ISBN 3-7653-1108-1.
19. —. *Brockhaus Enzyklopädie - 6. Band*. 19., völlig neu bearbeitete Ausgabe. Mannheim : F.A. Brockhaus GmbH, 1988. Vol. 6. ISBN 3-7653-1106-5.
20. —. *Brockhaus Enzyklopädie - 5. Band*. Mannheim : F. A. Brockhaus GmbH, 1988. Vol. 5. ISBN 3-7653-1105-7.
21. —. *Brockhaus Enzyklopädie - 24. Band*. 19., völlig neu bearbeitete Ausgabe. Mannheim : F.A. Brockhaus GmbH, 1994. Vol. 24. ISBN 3-7653-1124-3.
22. —. *Brockhaus Enzyklopädie - 22. Band*. 19., völlig neu bearbeitete Ausgabe. Mannheim : F.A. Brockhaus GmbH, 1993. Vol. 22. ISBN 3-7653-1122-7.
23. —. *Brockhaus Enzyklopädie - 18. Band*. 19., völlig neu bearbeitete Ausgabe. Mannheim : F.A. Brockhaus GmbH, 1991. Vol. 6. ISBN 3-7653-1118-9.
24. —. *Brockhaus Enzyklopädie - 12. Band*. Mannheim : F. A. Brockhaus GmbH, 1990. Vol. 12. ISBN 3-7653-1112-X.
25. —. *Brockhaus Enzyklopädie - 11. Band*. Mannheim : F. A. Brockhaus GmbH, 1990. Vol. 11. ISBN 3-7653-1111-1.
26. —. *Brockhaus Enzyklopädie - 10. Band*. 19., völlig neu bearbeitete Auflage. Mannheim : F.A. Brockhaus GmbH, 1989. Bd. 10. ISBN 3-7653-1110-3.
27. —. *Brockhaus Enzyklopädie - 1. Band*. 19. völlig Neubearb. Aufl. Mannheim : F. A. Brockhaus GmbH, 1986. Vol. 1. ISBN 3-7653-1101-4.

28. **Hoffmeister, Wolfgang.** *Investitionsrechnung und Nutzwertanalyse: Eine entscheidungsorientierte Darstellung mit vielen Beispielen und Übungen.* 2. überarbeitete Auflage. Berlin : BWV - Berliner Wissenschafts-Verlag, 2008. ISBN-13: 978-3830515036.
29. **ADAC.** ADAC Autokosten 2012. *ADAC.* [Online] 2012. [Cited: November 16, 2012.] www.adac.de/_mmm/pdf/autokostenuebersicht_m-r_47088.pdf.
30. **BMF - Bundesministerium für Finanzen.** Abgabenänderungsgesetz 2012. *www.bmf.gv.at.* [Online] Oktober 16, 2012. [Cited: Oktober 20, 2012.] http://www.bmf.gv.at/Steuern/Fachinformation/NeueGesetze/Abgabennderungsgesetz2012/_start.htm.
31. **Wikipedia.** Allradantrieb. *Wikipedia.* [Online] September 25, 2012. [Cited: September 30, 2012.] <http://de.wikipedia.org/wiki/Allradantrieb>.
32. **Verein für Konsumenteninformation.** Autokosten. *Konsument.* [Online] März 17, 2010. [Cited: Oktober 13, 2012.] <http://www.konsument.at/cs/Satellite?pagename=Konsument/MagazinArtikel/Detail&cid=318869421426&pn=2>.
33. **Deutsches Kraftfahr Bundesamt.** Jahresbilanz des Fahrzeugbestandes am 1. Januar 2012. *KBA.* [Online] 2012. [Cited: November 16, 2012.] http://www.kba.de/cln_033/nn_125398/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/2011__b__ueberblick__pdf,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/2011_b_ueberblick__pdf.pdf.
34. **NISSAN CENTER EUROPE GMBH.** Der innovative NISSAN LEAF - Elektrofahrzeuge. *NISSAN CENTER EUROPE GMBH (www.nissan.at).* [Online] NISSAN CENTER EUROPE GMBH. [Cited: Oktober 29, 2012.] <http://www.nissan.at/vehicles/electric-vehicles/electric-leaf/leaf.html#vehicles/electric-vehicles/electric-leaf/leaf>.
35. **General Motors Austria GmbH.** Der neue Opel Ampera. *www.opel.at.* [Online] August 1, 2012. [Cited: November 02, 2012.] <http://www.opel.at/fahrzeuge/opel-modelluebersicht/personenwagen/ampera/index.html#>.
36. **Wikipedia.** Elektroauto. *Wikipedia.* [Online] Oktober 05, 2012. [Cited: Oktober 06, 2012.] <http://de.wikipedia.org/wiki/Elektroauto>.
37. —. *Elektrohybridfahrzeuge.* [Online] September 19, 2012. [Cited: Oktober 06, 2012.] <http://de.wikipedia.org/wiki/Hybridelektrokraftfahrzeug#Plug-in-Hybride>.
38. —. Entscheidung unter Sicherheit. *Wikipedia.* [Online] März 11, 2012. [Cited: Juni 30, 2012.] http://de.wikipedia.org/wiki/Entscheidung_unter_Sicherheit.
39. **Renault Österreich GmbH.** Erleben Sie den Renault ZOE! *Renault Österreich (www.renault.at).* [Online] August 01, 2012. [Cited: Oktober 20, 2012.] <http://www.renault->

ze.com/scripts/directDownload.php?sUrl=/fichiers/fckeditor/Images/geneve2012/Fiche_produit_ZOE/AT/ZOE_preisliste.pdf.

40. **Fisker Automobile AG.** Fisker Automobile Schweiz AG. *Fisker Automobile Schweiz AG : Karma*. [Online] [Cited: Oktober 06, 2012.] <http://www.fisker-automobile.com>.

41. **Honda Austria Gesellschaft m.b.H.** Honda | CR-Z Hybrid | Highlights | Antrieb. *Honda Automobile*. [Online] [Cited: Oktober 07, 2012.] http://www.honda.at/automobile/modelle_cr-z_hybrid_highlights_antrieb.php.

42. —. Honda | Insight Hybrid | Highlights | Hybridantrieb. *Honda Automobile*. [Online] [Cited: Oktober 07, 2012.] http://www.honda.at/automobile/modelle_insight_hybrid_highlights_hybridantrieb.php.

43. **Wikipedia.** KERS. *Wikipedia*. [Online] Oktober 4, 2012. [Cited: Oktober 6, 2012.] <http://de.wikipedia.org/wiki/KERS>.

44. —. Kleinwagen - Wikipedia. *Wikipedia*. [Online] August 24, 2012. [Cited: September 08, 2012.] <http://de.wikipedia.org/wiki/Kleinwagen>.

45. —. MTM - Motoren Technik Mayer. *Wikipedia*. [Online] Juni 20, 2012. [Cited: September 30, 2012.] http://de.wikipedia.org/wiki/MTM_-_Motoren_Technik_Mayer.

46. **Deutsches Kraftfahr Bundesamt.** Monatliche Neuzulassungen. *KBA*. [Online] Oktober 2012. [Cited: November 16, 2012.] http://www.kba.de/clin_033/nn_330190/DE/Statistik/Fahrzeuge/Publikationen/2012__monatlich/fz11__2012__10__pdf,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/fz11_2012_10_pdf.pdf.

47. **BMF - Bundesministerium für Finanzen.** Normverbrauchsabgabegesetz. *www.bmf.gv.at*. [Online] [Cited: Oktober 21, 2012.] http://www.bmf.gv.at/Steuern/Brgerinformation/AutoundSteuern/NormverbrauchsabgabeNOVA/_start.htm.

48. **Wikipedia.** Ökonomisches Prinzip. *Wikipedia*. [Online] Juni 11, 2012. [Cited: Juni 24, 2012.] <http://de.wikipedia.org/wiki/Rationalprinzip>.

49. **General Motors Austria GmbH.** Opel Flextreame GT/E Concept: Umwelt, Design, Zukunft. *Opel Media - Österreich - Nachrichten*. [Online] [Cited: Oktober 07, 2012.] http://media.gm.com/media/at/de/opel/news.detail.html/content/Pages/news/at/de/2010/geneve/opel/02_18_Flextreame_GT_E.html.

50. **Wikipedia.** Privathaushalt. *de.wikipedia.org*. [Online] August 1, 2012. [Cited: August 19, 2012.] <http://de.wikipedia.org/wiki/Privathaushalt>.

51. —. Radnabenmotor. *Wikipedia*. [Online] Juli 12, 2012. [Cited: Oktober 06, 2012.] <http://de.wikipedia.org/wiki/Radnabenmotor>.
52. **Renault Österreich GmbH**. Renault Clio IV. *Renault Österreich (www.renault.at)*. [Online] September 19, 2012. [Cited: Oktober 20, 2012.] http://www.renault.at/media/-pdf-preisliste-/att00484320/PL_Clio_Neu.pdf.
53. **EUROPÄISCHES PARLAMENT UND RAT DER EUROPÄISCHEN UNION**. *RICHTLINIE 2007/46/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES*. s.l. : DAS EUROPÄISCHE PARLAMENT UND DER RAT DER EUROPÄISCHEN UNION, September 05, 2007.
54. **Salzburger Nachrichten**. Salzburg AG startet Photovoltaik-Bürgerbeteiligung - Salzburger Nachrichten - Salzburg.com. *Salzburger Nachrichten*. [Online] Juli 26, 2012. [Cited: November 04, 2012.] <http://www.salzburg.com/nachrichten/salzburg/wirtschaft/sn/artikel/salzburg-ag-startet-photovoltaik-buergerbeteiligung-22933/>.
55. **Salzburg AG**. Salzburg: Energieeffizient durch Photovoltaik-Bürgerbeteiligung mit Elektroauto. *Salzburg AG - Pressemeldung*. [Online] Juli 26, 2012. [Cited: Oktober 20, 2012.] <http://www.salzburg-ag.at/presse/aktuelle-meldungen/salzburg-energieeffizient-durch-photovoltaik-buergerbeteiligung-mit-elektroauto-2434/>.
56. **Wikipedia**. Sportwagen. *Wikipedia*. [Online] August 08, 2012. [Cited: September 08, 2012.] <http://de.wikipedia.org/wiki/Sportwagen>.
57. —. Tank-to-Wheel. *Wikipedia*. [Online] August 31, 2012. [Cited: September 9, 2012.] <http://de.wikipedia.org/wiki/Tank-to-Wheel>.
58. **Renault Österreich GmbH**. Twizy - Neue Elektrofahrzeuge - Renault. *Renault Österreich (www.renault.at)*. [Online] August 06, 2012. [Cited: Oktober 20, 2012.] http://www.renault.at/media/-pdf-preisliste-/att00341530/PL_Twizy.pdf.
59. **Citroen Österreich Ges.m.b.H.** Übersicht - Citroen C-Zero. *Citroen Österreich (www.citroen.at)*. [Online] [Cited: Oktober 26, 2012.] <http://www.citroen.at/home/#/citroen-c-zero/>.
60. **Wikipedia**. Well-to-Wheel. *Wikipedia*. [Online] September 9, 2012. [Cited: September 16, 2012.] http://de.wikipedia.org/wiki/Well_to_wheel.
61. **kfz-tech.de**. Wirkungsgrad. *kft-tech.de*. [Online] [Cited: Oktober 21, 2012.] <http://www.kfz-tech.de/Formelsammlung/Wirkungsgrad.htm>.
62. **Wikipedia**. Zero Emission Vehicle. *Wikipedia*. [Online] September 27, 2012. [Cited: Oktober 06, 2012.] http://de.wikipedia.org/wiki/Zero_Emission_Vehicle.

63. **Bady, Ralf and Biermann, Jan-Welm.** Vorträge / Presentations. *ika - Institut für Kraftfahrzeuge der RWTH Aachen*. [Online] Mai 12, 2000. [Cited: Oktober 07, 2012.] <http://www.ika.rwth-aachen.de/forschung/veroeffentlichung/2000/11.-12.05/by1000d.pdf>.

Selbstständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe.

Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht.

Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Seekirchen, den 16. November 2012

Wolfgang Portugaller